

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXXIII.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.



HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

73

DREI UND SIEBZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT NEUN UND VIERZIGSTER.

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1848.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Inhalt

des Bandes LXXIII der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Zweites Stück.

Drittes Stück.

Seite

(*Geschlossen am* 28. *Jan.*)

Viertes Stück.

(*Geschlossen am* 6. *März.*)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Berichtigungen

zum Aufsatz von Hrn. Riefs im Heft III:

Seite 380 Z. 17 v. ob. statt Collectorplatte ihm lies Condensatorplatte ihr
— 382 — 14 v. unt. statt Schlagweiten lies Schlagweite
— 399 — 12 v. unt. statt berührende 2zöllige lies berührenden 2zölligen
14 v. unt. statt 0,36 lies 0,023

1848. ANNALEN №. 1
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXIII.

I. *Ueber die Fehler, welche in der Bestimmung des specifischen Gewichtes der Körper entstehen, wenn man dieselben im Zustande der feinsten Vertheilung wägt; von Gustav Rose.*

(Vorgelesen in der Academie der Wissenschaften zu Berlin am 3. Juni 1847.)

Mit der Wiederholung älterer Versuche über das specifische Gewicht des Goldes und Silbers behufs einer ausführlichen Arbeit über das specifische Gewicht der Legirungen dieser Metalle beschäftigt, war es mir von Wichtigkeit zur Ermittelung eines möglichst genauen Resultates das specifische Gewicht des Goldes und Silbers in den verschiedensten Zuständen zu bestimmen. Ich untersuchte es daher bei diesen Metallen im geschmolzenen, zusammengepreſsten, und im pulverförmigen Zustande, im letzteren wie ihn die chemische Fällung lieferte, erhielt aber dabei so abweichende Resultate, daſs ich mich veranlaſst fand, diese Versuche auch bei anderen Körpern, einem specifisch schwereren und einem specifisch leichteren, wozu ich das Platin und den schwefelsauren Baryt wählte, zu wiederholen. Ich erhielt indessen hier ganz ähnliche Resultate, die Ursache dieser Abweichungen scheint demnach eine allgemein-physikalische, und die Untersuchung selbst daher nicht ohne Interesse zu seyn, so daſs ich es wagen kann, sie der Academie vorzulegen.

Specifisches Gewicht des geschmolzenen Goldes.

Die genaue Bestimmung des specifischen Gewichtes des Goldes hat ihre groſsen Schwierigkeiten. Das in der Natur vorkommende Gold ist vielleicht nie, gewiſs nur höchst selten rein, und nach meinen Versuchen stets mit mehr oder weniger groſsen Mengen von Silber und mit kleinen

Mengen von Kupfer und Eisen verbunden; aufserdem auch in gröfseren Stücken, gewöhnlich mit Quarz und Brauneisenerz gemengt, und daher schon aus diesem Grunde selten in für die Wägung tauglicher Form zu erhalten. Das künstlich gereinigte und in Tiegeln geschmolzene Gold ist, man mag es nun für sich allein, oder unter verschiedenen Decken von Borax, kohlensaurem Natron oder Chlornatrium schmelzen und schnell oder langsam erkalten lassen, stets voller mehr oder weniger grofser Höhlungen. Schmilzt man es für sich allein, und läfst man es schnell erkalten, so bildet sich, gewöhnlich auf der unteren Seite, ein ziemlich grofses Loch, zum Zeichen, dafs das flüssige Gold einen viel gröfseren Raum einnimmt, als das erstarrte. Das Loch zieht sich oft bedeutend unter der Oberfläche fort, und es ist sodann unmöglich, beim Wägen im Wasser alle Luftblasen zu entfernen. Aufserdem ist die Oberfläche mehr oder weniger deutlich krystallisirt; die kleinen an und für sich nicht bestimmbaren Krystalle sind in verschiedenen geraden Linien aneinander gereiht, die sich unter Winkeln von 60° schneiden, oder auch rechtwinklich aufeinander stehen, welches beweist, dafs die durch Schmelzung dargestellten Krystalle wie die des gediegenen Goldes zum regulären Krystallisationssystem gehören, denn dergleichen Aneinanderreihungen kommen nur bei den Krystallen des regulären Systems vor; aber diese Krystalle schliefsen wiederum eine Menge kleiner Höhlungen ein. Läfst man das Gold langsam erkalten, z. B. bei der Schmelzung im Porzellanofen, so bemerkt man gewöhnlich eine gröfsere Höhlung nicht, aber das Gold ist auf der Oberfläche noch deutlicher krystallisirt, und die gröfseren Krystalle schliefsen noch deutlicher kleine Höhlungen ein. Unter Decken geschmolzen ist die Oberfläche glatt und glänzend, aber tiefe Löcher bilden sich häufig auch hier, und nicht selten finden sich kleine Theile von der Masse der Decke in dem Golde eingeschlossen, was man beim Auswalzen des Regulus bemerkt.

Da aus diesen Gründen die Resultate, die ich durch

Wägung des geschmolzenen Goldes erhielt, nicht allein stets unter dem wahren specifischen Gewichte des Goldes zurückblieben, sondern auch untereinander sehr abwichen, so war ich genöthigt, um so viel als möglich genaue und constante Resultate zu erhalten, zu mechanischen Mitteln meine Zuflucht zu nehmen, und die geschmolzene Masse zusammenzupressen, und ich erkenne es mit grofsem Danke an, dafs Herr Münzmeister Klipfel mit der gröfsten Bereitwilligkeit mir dazu die beste Gelegenheit verschaffte, indem er nicht allein veranstaltete, dafs die von mir geschmolzenen Könige unter dem grofsen Prägestock der hiesigen Münze zusammengeprefst werden konnten, sondern auch dazu besondere Stempel poliren liefs, die nur zu diesem Zwecke aufbewahrt wurden. Das specifische Gewicht, welches ich nun erhielt, fiel nicht allein höher aus, sondern ich erhielt auch nun ziemlich constante Resultate, was mir für die Untersuchung des Gewichtes der Legirungen von besonderer Wichtigkeit war.

Was die Bestimmung des specifischen Gewichtes des Goldes von früheren Beobachtern betrifft, so kann ich mich hier auf die Angaben von Brisson, Ellicot und Lewis beschränken. Brisson[1]) liefs, um möglichst blasenfreie Stücke zu erhalten, da die Schmelzung in kleinen Tiegeln, in denen man das Gold langsam erkalten liefs, wie er sich ausdrückt, nicht hat gelingen wollen, Theile, die ihm am dichtesten schienen, von den grofsen Goldbarren des *bureau des affinages,* herausschneiden, und bestimmte deren Gewicht. Er fand es auf diese Weise

bei einem $291\frac{1}{2}$ Gran schweren Stücke = 19,2581
und bei einem $7903\frac{1}{3}$ Gran schweren Stücke = 19,2572,

was nur sehr wenig von einander abweicht. Dasselbe Gold wurde nun durch wiederholte Hammerschläge so lange zusammengeprefst, bis keine Vergröfserung des Gewichtes mehr zu bewirken war; er fand es nun

bei einem $4898\frac{1}{2}$ Gran schweren Stücke = 19,3617,

so dafs also die Dichtigkeit durch das Hämmern um unge-

1) *Pesanteur spécifique des corps, Paris* 1787. *p.* 4.

fähr $\frac{1}{186}$ zugenommen hatte. Die Temperatur des Wassers 14° R. wie bei allen Versuchen Brisson's.

Elliot bestimmte das specifische Gewicht des gehämmerten Goldes nur zu 19,207,
und nach Lewis variirte es bei seinen verschiedenen Versuchen zwischen 19,30 — 19,40.
Ward, Cotes und Musschenbroek nehmen es zu 19,640 an, was aber, wie schon Hatchett bemerkt, offenbar unrichtig ist [1]).

Ich habe früher mit dem geschmolzenen Golde eine grofse Menge von Wägungen angestellt, von denen ich hier nur die Mittelwerthe anführen will. Ich fand bei acht verschiedenen Proben das specifische Gewicht:

A. des für sich geschmolzenen Goldes:

1 = 19,2778 im Mittel mit vier Wägungen,
2 = 19,2917 - - - acht -
3 = 19,2730 - - - drei -
4 = 19,2853 - - - fünf -

B. des unter einer Decke von kohlensaurem Natron geschmolzenen Goldes:

5 = 19,3115 nach einer Wägung,
6 = 19,2754 im Mittel aus drei Wägungen,

C. des unter einer Decke von Borax geschmolzenen Goldes:

7 = 19,3150 nach einer Wägung,
8 = 19,2809 im Mittel aus vier Wägungen.

Das specifische Gewicht ist hier wie überall später, wo es nicht anders angegeben ist, auf eine Temperatur von 14° R. reducirt.

Ich habe jetzt noch einige neue Schmelzungen gemacht, und die erhaltenen Könige auf der Münze zusammenpressen lassen. Ich fand so das specifische Gewicht von einem

1) *Philosophical transactions of the royal soc. of London for* 1803. *part I. p.* 130.

Könige, der im Thontiegel mit Borax und Salpeter geschmolzen war = 19,2689,
nachdem er auf der Münze zusammengeprefst war = 19,3202,
nachdem er von neuem im Graphittiegel geschmolzen war = 19,2908,
nachdem er wiederum auf der Münze zusammengeprefst war = 19,3296.

Da Marchand und Scheerer [1]) gefunden hatten, dafs Kupfer unter verschiedenen Decken geschmolzen, bei einer Decke von Chlornatrium das gröfste specifische Gewicht erhielt, so habe ich versucht, ob diefs auch bei dem Golde stattfinde. 23,1883 Grammen wurden dazu in einem Porzellantiegel, der in einen Thontiegel gestellt war, mit Chlornatrium geschmolzen. Um die Verflüchtigung des letzteren so viel als möglich zu vermeiden, waren beide Tiegel mit besondern Deckeln bedeckt, und der innere mit Gyps, der äufsere mit Thon verstrichen worden. Nach vollendeter Schmelzung und Erkaltung sah die Salzdecke roth aus, und löste sich in Wasser unter Hinterlassung eines Rückstandes von braunem pulverförmigen Golde auf. Der Regulus wog nun 23,1807, also 0,0075 Gr. weniger; sein specifisches Gewicht betrug = 19,2722,
nachdem es auf der Münze zusammengeprefst war = 19,2992,
sodann wiederum für sich allein im Graphittiegel geschmolzen = 19,2955,
und von neuem auf der Münze zusammengeprefst = 19,3087.

Gold mit Oxalsäure reducirt und im Graphittiegel geschmolzen, hatte ein specifisches Gewicht = 19,2981,
auf der Münze ausgeprefst = 19,3336.

Das Schmelzen des Goldes unter einer Decke mit Kochsalz bewährte sich also bei dem Golde nicht, und da das spec. Gewicht auch nach der Zusammenpressung niedriger blieb, so scheint es wohl, als ob einige Theile von Chlornatrium bei der Erkaltung des Goldes in demselben eingeschlossen geblieben sind.

Es scheint demnach, dafs der Goldkönig immer das

1) Journ. f. pract. Chemie, Th. XXVII, S. 200.

höchste spec. Gewicht erhält, wenn man das Gold für sich allein im Graphittiegel schmilzt, und zusammenprefst. Ich nehme daher vorläufig 19,3336 als das spec. Gewicht des Goldes bei der Temperatur von 14° R. an [1]).

Specifisches Gewicht des Silbers.

Das specifische Gewicht des Silbers kann auch nur bei dem künstlich dargestellten Silber bestimmt werden, da das gediegene Silber nie vollkommen rein vorzukommen scheint. Wenigstens ist das spec. Gewicht des gediegenen Silbers nach den Angaben in den Handbüchern der Mineralogie verhältnifsmäfsig stets sehr niedrig. Nach Breithaupt geht es z. B. nur bis zu 10,230 hinauf und sinkt bis zu 9,419 hinab [2]). Das so schön krystallisirte Silber von Kongsberg enthielt, wie ich gefunden habe, etwas Antimon, das als Antimonoxyd bei der Auflösung in Salpetersäure zurückbleibt; sein Gehalt an reinem Silber beträgt nach einer Probe, die der Münzwardein der hiesigen Münze, Herr Dr. Frick, auf meine Bitte zu machen die Güte hatte, 99,25 Procent.

Das künstlich dargestellte Silber darf für die Bestimmung seines spec. Gewichts auch nicht für sich allein geschmolzen werden, da es bei der Erkaltung spratzt und sich mehr oder weniger aufbläht. Diefs ist auch der Grund, weshalb die Bestimmung von Brisson zu niedrig ist; er hatte Silber gewogen, das nur für sich allein in einem Tiegel geschmolzen war, und bestimmte es zu 10,4743; nachdem es geschmiedet war, stieg es zu 10,5107 (14° R.) [3]).

1) Das Schmelzen des Goldes im Graphittiegel hat vor dem Schmelzen im Thon- oder Porzellantiegel den Vorzug, dafs es nach der Erkaltung nicht an der Tiegelmasse haftet und daher ohne Verlust herausgenommen werden kann, was zwar bei diesen Versuchen von keiner Wichtigkeit ist, wohl aber bei Schmelzungen, wo es darauf ankommt, dasselbe Gewicht nach der Erstarrung genau wieder zu erhalten; bei Schmelzungen im Porzellanofen sind diese Tiegel aber nicht zu gebrauchen, da in dieser grofsen Hitze die Graphittiegel fast ganz zusammenschmelzen.

2) Vollständige Charakteristik des Mineral-Systems, 3. Aufl., S. 258.

3) *Pesanteur spécifique des corps*, p. 12.

Musschenbroek giebt auch das spec. Gewicht des Silbers, wie das des Goldes, viel zu hoch, nämlich zu 11,091 an.

Playfair und Joule fanden das spec. Gewicht des auf galvanischem Wege aus einer Auflösung von Silbercyanid dargestellte Silber

bei einem Versuche 10,537,
bei einem zweiten 10,522,
im Mittel also 10,530. Temp. 40° F. [1]).

Bei meinen früheren Versuchen habe ich das spec. Gewicht nur von solchem Silber bestimmt, wie man es bei der Reduction des Chlorsilbers erhält, wo man es aber auch in sehr passender Form, als einen König mit sehr glatter und glänzender Oberfläche, erhält; die Wägungen mit drei verschiedenen Königen ergaben hier:

1) 10,5041 als Mittel aus dreizehn Versuchen,
2) 10,4991 - - - vier -
3) 10,5036 - - - acht -

alle auf Wasser von Null Temperatur reducirt.

Bei meinen neueren Versuchen habe ich den Regulus No. 2 unter einer Decke von Kochsalz in einem Thontiegel geschmolzen; auch hier wurde derselbe mit einem Deckel bedeckt, der mit Thon verstrichen wurde. Das Chlornatrium war nach vollendeter Schmelzung zu einer weifsen blättrigen, etwas drusigen Masse erstarrt, die mit einer braunen Haut bedeckt war; kleine mikroskopische rothe Krystalle safsen in den Drusenräumen der Masse. Die weifse Decke löste sich in Wasser mit Hinterlassung von Chlorsilber auf. Die angewandten 40,4474 Grammen Silber wogen nach der Schmelzung nur 40,2631, so dafs sich also bei derselben 0,1843 Grm. oder 0,46 Proc. aufgelöst hatten [2]). Der Silberkönig hatte eine glatte Oberfläche, war aber am Boden gestrickt und wurde daher hier

1) *Memoirs and proceedings of the chemical society, part* 17. *p.* 66.

2) Diese Versuche entsprechen also vollkommen denen, die schon früher mein Bruder über die Auflöslichkeit des Silbers in schmelzendem Kochsalze erhalten hatte. (Poggendorff's Ann. Bd. 68, S. 288.)

befeilt; ich fand nun, fast übereinstimmend mit den obigen Versuchen, sein spec. Gewicht 10,5050.

Auf der Münze ausgeprefst vermehrte sich das spec. Gewicht bis auf 10,5665, welches ich also in Ermangelung weiterer Versuche als das wahre spec. Gewicht des Silbers betrachte.

Specifisches Gewicht des pulverförmigen Goldes.

Ich habe hierbei den aus einer wässrigen Auflösung von Goldchlorid durch Eisenvitriol und Oxalsäure erhaltenen Niederschlag angewandt. Der erstere ist von besonderer Feinheit, zumal wenn die Auflösungen von Goldchlorid und Eisenvitriol in recht verdünntem Zustande angewandt werden. Der Niederschlag ist in diesem Fall so fein, dafs auch unter starker Vergröfserung von regelmäfsiger Form bei ihm nichts zu erkennen ist. Nur wenn man concentrirtere Auflösungen angewandt hat, erscheint der Niederschlag unter dem Mikroskop von bestimmter Form, und man sieht dann, dafs er aus äufserst kleinen Hexaëdern besteht, die meistentheils nach zwei untereinander rechtwinkligen Richtungen aneinander gereiht sind. Vermischt man eine Auflösung von Oxalsäure mit einer Goldauflösung, so scheidet sich bekanntlich das Gold erst nach einiger Zeit aus und legt sich, wenn man die Mischung sich ganz selbst überläfst, eine zusammenhängende Haut bildend, nur an die Wände des Gefäfses an, in welchem man die Fällung vorgenommen hat. Diese Haut besteht aus lauter kleinen octaëdrischen Krystallen, die auf dieselbe Weise zusammengereiht sind, wie bei dem in der Natur vorkommenden blatt- und blechförmigen Golde. Sie entsteht bei dem Präcipitat dadurch, dafs jeder sich ausscheidende Krystall sich mit einer Octaëderfläche auf das Glas absetzt. Rührt man die Auflösung häufig um, und streicht man mit einer Feder die Krystalle, die sich an die Wände des Gefäfses gesetzt haben, von Zeit zu Zeit ab, so erhält man auch einen pulverförmigen Niederschlag, der gewöhnlich gröber als der durch Eisenvitriol erhaltene ist, und unter dem

Mikroskop oft sehr schöne und grofse sechs- und dreiseitige Tafeln erkennen läfst, eine Form, in welcher immer die Octaëder erscheinen, wenn zwei parallele Flächen derselben sehr ausgedehnt sind. Dieselbe Form zeigen auch unter dem Mikroskope die Goldkrystalle, welche sich aus einer verdünnten Auflösung von Goldchlorid ausscheiden, wenn dieselbe einige Tage der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt wird. Die Krystalle sind in diesem Fall oft noch gröfser, als die, welche sich bei der Fällung mit Oxalsäure bilden. Hieraus ergiebt sich, dafs auch die Krystalle des Goldes, die sich auf nassem Wege bilden, zum regulären Krystallisationssystem gehören und somit alle bekannten Goldkrystalle untereinander und mit denen des gediegenen Goldes einerlei Form haben.

Die Methode, deren ich mich zur Bestimmung des Gewichtes des pulverförmigen Goldes bediente, war in der Regel dieselbe, die ich früher bei Bestimmung des pulverförmigen Kalkspaths und Arragonits gebraucht habe [1]), mit der von meinem Bruder eingeführten Abänderung, statt eines kleinen Glascylinders ein Gefäfs von Platin in der Form eines Fingerhutes zu nehmen, ohne aber darauf den von Scheerer [2]) vorgeschlagenen Deckel zu setzen, da mir dessen Nothwendigkeit für die Beweglichkeit der Waage bei der Wägung des Platintiegels in Wasser nicht so dringend schien, und ich die Luftblasen fürchtete, die man bei dem Aufsetzen des Deckels möglicher Weise mit einschliefsen könnte. Ich versah nur den Platintiegel mit einem Henkel von Platindraht, der in zwei gegenüberstehende Löcher am oberen Ende des Platintiegels gesteckt und beliebig herausgenommen werden konnte, und der oben mit einem Haken versehen war, um ihn in die Schlinge des Haares hängen zu können. Der Platinhenkel gewährte den Vortheil, dafs der Tiegel geglüht werden konnte, ohne nöthig zu haben, jenen abzunehmen. Der Niederschlag wurde also, nachdem er ausgesüfst war, vom Filtrum in eine Porzellan-

1) Ann. d. Phys. u. Chem. v. Poggendorff, Bd. XLII, S. 355.
2) A. a. O. B. LXVII, S. 120.

schale mit Wasser gespült, und darin bis zur Benutzung aufbewahrt. Nachdem nun der Tiegel erst im Freien, dann in Wasser befindlich gewogen war, wurde er mit dem Niederschlag gefüllt, und als auch dieser gewogen war, erst im Luftbade getrocknet und dann über der Spirituslampe geglüht. Das Gold schrumpfte hiebei bedeutend zusammen und veränderte seine braune Farbe in die gelbe, liefs sich aber sehr leicht aus dem Tiegel herausnehmen, ohne an ihn zu haften und den Tiegel zu verderben. Nur einmal habe ich mich einer anderen als der angegebenen Methode bedient, und einen Glaskolben mit engem Halse genommen, an dem ein horizontaler Strich eingeschliffen war, bis zu welchem das Glas mit Wasser gefüllt werden mufste. Das Glas wurde erst für sich, dann mit Wasser und darauf mit dem Wasser und Golde gewogen. Dieses wurde dann in einen Platintiegel gespült, getrocknet, geglüht und gewogen. Ich habe aber diese Methode nicht weiter angewandt, da sie gewifs nicht so genau ist, wie die frühere; denn wenn auch das Gold ohne Verlust in den Platintiegel gespült werden kann, so ist es doch schwierig, den Kolben genau bis zum Zeichen zu füllen.

In der folgenden Uebersicht habe ich die Versuche 1 — 8 der Reihe nach, wie sie angestellt sind, aufgeführt, und diejenigen, die mit besonders bereiteten Niederschlägen gemacht sind, mit verschiedenen Nummern, die aber, welche mit verschiedenen Theilen desselben Niederschlages angestellt sind, unter derselben Nummer mit verschiedenen Buchstaben verzeichnet.

1. Mit Eisenvitriol gefälltes Gold:

a) im Platintiegel gewogen:

No.	Absol. Gewicht in Grammen.	Gewichtsverlust im Wasser.	Temp. des Wassers in 100thl. Sc.	Spec. Gewicht bei der beobachteten Temperatur.	Spec. Gewicht bei 14° R.
1a	12,5324	0,6343	14,8	19,7578	19,7502
b	12,2023	0,6176	12,6	19,7576	19,7447
2	8,6480	1,4367	13,5	19,8260	19,8150
3	5,2038	0,2514	13,4	20,7000	20,6882

No.	Absol. Gewicht in Grammen.	Gewichtsverlust im Wasser.	Temp. des Wassers in 100thl.Sc.	Spec. Gewicht bei der beobachteten Temperatur.	Spec. Gewicht bei 14° R.
4	5,5646	0,2817	13,9	19,7536	19,7439
5	5,9347	0,3026	16,6	19,6124	19,6097
6 a	10,4119	0,5326	15	19,5492	19,5419
b	8,7603	0,4481	17,5	19,5501	19,5501
7	5,1052	0,2609	18,2	19,5677	19,5701
		b) im Glaskolben gewogen:			
8	9,7621	0,4818	18	20,2617	20,2634
		2. Mit Oxalsäure gefälltes Gold:			
		im Platintiegel gewogen:			
9	6,5978	0,3391	15	19,4863	19,4791

Diese Resultate sind, wie man sieht, unter sich aufserordentlich abweichend, dagegen sind diejenigen, welche mit verschiedenen Theilen eines und desselben Niederschlages angestellt waren, nahe übereinstimmend. Diefs zeigt an, dafs die Ursachen dieser Verschiedenheit nicht in einem fehlerhaften Versuche, sondern in der Beschaffenheit des Niederschlages lagen. Der Niederschlag des Versuches 3, der die hohe Zahl 20,6882 ergeben hatte, war zufällig aus einer sehr verdünnten Goldauflösung erhalten und daher sehr fein; (ich hatte, etwas silberhaltiges, Gold in Königswasser aufgelöst, und damit kein Chlorsilber in der überschüssig zugesetzten Salzsäure aufgelöst bleiben sollte, die Auflösung sehr verdünnt); es schien daher zu folgen, dafs um so feiner der Niederschlag sey, das spec. Gewicht auch um so höher ausfalle und umgekehrt. Um diese Ansicht zu prüfen, bereitete ich eine concentrirte Goldauflösung, die ich mit einer concentrirten Eisenvitriolauflösung fällte. Ich erhielt den Niederschlag des Versuches 7, der unter dem Mikroskop ganz deutliche hexaëdrische Krystalle zeigte und bei der Wägung allerdings auch ein sehr niedriges spec. Gewicht lieferte. Diese Ansicht bestätigt auch der Versuch 9, bei welchem das Gold mit Oxalsäure gefällt wurde. Ich machte die Fällung an einem Morgen, hatte allerdings die Absicht, einen pulverförmigen Niederschlag zu bereiten

und wandte deshalb die oben angegebenen Mittel an, mufste aber am Mittag das Laboratorium verlassen, ehe das Gold völlig niedergeschlagen war, und am Morgen des folgenden Tages fand ich die gröfsere Hälfte als Haut am Glase niedergeschlagen; diese wurde mit dem Pulver gewogen und drückte das Resultat so herab. Ob man durch gröfsere Verdünnung als bei dem Versuche 3 ein noch höheres spec. Gewicht erhalten könnte, habe ich, zufällig verhindert, nicht ausgemacht, ist jedoch sehr wahrscheinlich.

Wenn so die gröfsere Vertheilung und also auch die gröfsere Oberfläche von solchem Einflufs auf das spec. Gewicht ist, so habe ich mir die Frage aufgeworfen, ob wohl schon eine mechanische, wenn auch gröbere Vertheilung doch schon von einem Einflufs sey, und habe daher das geschmolzene und geprefste Gold gefeilt. Das gefeilte Gold wurde, um es von allen Unreinigkeiten zu befreien, mit Wasser gekocht, dann mit Aether digerirt und darauf das spec. Gewicht wie früher bestimmt; ich erhielt aber nur das niedrige spec. Gewicht 19,2178 (Temp. 16,9 C.), und allerdings ist auch wohl das gefeilte Gold in Vergleich mit einem Niederschlag auch aus der concentrirtesten Auflösung sehr grob zu nennen. Noch weniger Einflufs zeigte sich daher bei einem andern Versuche, bei welchem eine Parthie kleiner vor dem Löthrohr erhaltener Kügelchen, von der Gröfse kleiner Stecknadelköpfe, angewandt wurden. Auch hier erhielt ich das niedrige spec. Gewicht 19,2721 (Temp. 18,2 C.).

Ich habe ferner noch versucht, ob es von Einflufs sey, wenn man das Pulver getrocknet anwende, da es wohl möglich seyn könnte, dafs die Oberfläche, einmal trocken geworden, sich nicht wieder so vollständig wie früher benetze. Ich trocknete daher den Rest des Niederschlages, mit welchem der Versuch 7 angestellt war, nun an der Luft, kochte ihn dann längere Zeit mit Wasser und bestimmte sein spec. Gewicht. Ich fand dasselbe nun 19,5622 statt 19,5701 wie früher, so dafs man sieht, dafs dieser Umstand von keinem grofsen Einflufs gewesen ist. Der pulverförmige

Niederschlag, getrocknet und unter dem Prägestock zusammengeprefst, hatte nur ein spec. Gewicht 18,0194.

Specifisches Gewicht des pulverförmigen Silbers.

Das spec. Gewicht des pulverförmigen Silbers ist schon von Herrn Karsten bestimmt worden [1]). Das Silber wurde durch Fällung aus salpetersaurem Silberoxyd durch Kupfer erhalten, und die Bestimmung des spec. Gewichts geschah in dem Leslie'schen oder vielmehr Say'schen Apparat. Das Resultat war 10,4282 bei einer Temperatur von 0°.

Ich wandte ein Pulver an, das ich aus der Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd durch Eisenvitriol gefällt hatte. Der Niederschlag, den ich bei verschiedenen Fällungen erhielt, war zuweilen sehr deutlich krystallinisch, zum Theil schon glänzend, und die Krystalle waren unter dem Mikroskop ganz deutlich als Octaëder mit abgestumpften Ecken zu erkennen; gröfsere Krystalle erschienen als sechsseitige Tafeln, wie die durch Oxalsäure gefällten Goldkrystalle, nur von beträchtlicherer Gröfse.

No.	Absol. Gewicht in Grammen.	Gewichtsverlust im Wasser.	Temp. des Wassers in 100thl. Sc.	Spec. Gewicht bei der beobachteten Temperatur.	Spec. Gewicht bei 14° R.
1	9,8250	0,9310	14,3	10,5532	10,5485
2	4,9347	0,4647	14,1	10,6191	10,6139

Der Niederschlag des Versuches 1 war, wie die Betrachtung unter dem Mikroskop ergab, verhältnifsmäfsig viel gröber, als der des Versuches 2.

Specifisches Gewicht des pulverförmigen Platins.

Das spec. Gewicht des pulverförmigen Platins, welches durch Erhitzung des Oxyds erhalten war, wird von Playfair und Joule [2]) zu 17,890, das des eigentlichen Platinmohrs von Liebig [3]) nach drei verschiedenen zu 17,572,

1) Abh. der Acad. der Wissensch. für 1831, phys. Klasse, S. 245.

2) *Mem. and proceed. of de chem. Soc., p. XVII, S.* 72.

3) Ann. d Chem. u. Phys. von Poggendorff, Bd. XVII, S. 104.

15,780 und 16,319 angegeben. Ich habe diesen letzteren gewogen und verdanke ihn der Güte des Herrn Mitscherlich, der ihn durch Fällung einer Auflösung von Platinchlorid mit kohlensaurem Natron und Zucker bereitet hatte. Unter dem Mikroskop konnte auch bei der stärksten Vergröſserung nichts von einer bestimmten Form erkannt werden; er erschien, wie der sehr feine Niederschlag des Goldes durch Eisenvitriol, nur aus sehr feinen schwarzen Körnern zu bestehen. 2,0213 Grm. verloren im Wasser von 15°,7 C. 0,773, so daſs hiernach das spec. Gewicht dieses Platinmohrs die auſserordentliche Höhe von 26,1488 bei 15°,7 C. oder von 26,1418 bei 14° R. erhalten würde. Ich habe den Versuch nur mit einer kleinen Quantität angestellt und ihn noch nicht wiederholt, aber es ist mir bei dem Versuche gar kein Unfall begegnet, und ich habe daher keinen Grund, dem Resultate zu miſstrauen.

Das spec. Gewicht des Platins in Blechen habe ich nicht besonders bestimmt, es schwankt nach den verschiedenen Angaben bekanntlich zwischen 21 und 22.

Specifisches Gewicht des schwefelsauren Baryts.

A. Bei gröſseren Krystallen.

Das spec. Gewicht eines Schwerspathkrystalls von Freiberg wird von Mohs[1]) zu 4,446, des Schwerspaths im Allgemeinen von Breithaupt[2]) zu 4,35 — 4,59 angegeben.

Ich habe mehrere durchsichtige Krystalle von verschiedenen Fundorten gewogen:

1) einen Krystall aus dem Amalienstollen zu Silbach bei Meschede in Westphalen, Querprisma *d* (Haüy);
2) einen anderen Krystall ebendaher, Querprisma *d*;
3) einen Krystall von Przibram in Böhmen, Querpr. *d*;
4) einen Krystall von Champeix in d. Auvergne, Querpr. *d*;
5) mehrere Bruchstücke daher;
6) das gröſste derselben;

1) Naturgeschichte des Mineralreiches von Fr. Mohs, bearb. von Zippe, Th. II, S. 128.

2) Handbuch der Mineralogie von A. Breithaupt, Th. II, S. 190.

7) ein Krystallbruchstück von Dufton in Cumberland, Längsprisma 0.

No.	Absol. Gewicht in Grammen.	Gewichtsverlust im Wasser.	Temp. des Wassers in 100thl. Sc.	Spec. Gewicht bei der beobachteten Temperatur.	Spec. Gewicht bei 14° R.
1	1,7219	0,3838	19	4,4864	4,4875
2	2,5823	0,5756	16,3	4,4863	4,4855
3	1,8272	0,4073	20,0	4,4861	4,4808
4	5,3478	1,1936	16,0	4,4808	4,4798
5	9,4036	2,0994	18,6	4,4791	4,4799
6	3,0402	0,6782	19,6	4,4791	4,4808
7	6,3433	1,4164	16,2	4,4785[1])	4,4776

Den Schwerspathkrystall von Silbach No. 1 hatte auf meine Bitte Herr Prof. Rammelsberg die Güte zu analysiren. Die Analyse lieferte:

$\dot{Ba}\,\dddot{S}$ 99,40

$\dot{Ba}\,\dddot{S}$ mit Spuren von $\dot{Sr}\,\dddot{S}$ 0,60

100,00

Der Schwerspath von Silbach ist daher so gut wie reiner schwefelsaurer Baryt zu betrachten. Dasselbe gilt auch von den Schwerspathen von Przibram und Champeix, da sie in dem spec. Gewicht fast ganz mit ihm übereinstimmen. Die Krystalle von Dufton mögen bei ihrem geringeren spec. Gewicht wohl schon etwas gröſsere Mengen von schwefelsaurem Strontian enthalten.

B. Im pulverförmigen Zustande.

Das spec. Gewicht der pulverförmigen schwefelsauren Baryterde wird von Karsten[2]) zu 4,2003 angegeben. Ich stellte mir die meinige durch Fällung einer Auflösung von salzsaurer Baryterde durch Schwefelsäure dar. Sie bildete ein äuſserst feines Pulver, das aber aus lauter kleinen prismatischen Krystallen bestand, deren Form und Ueberein-

1) Das hohe spec. Gewicht, welches Breithaupt angiebt, habe ich nicht gefunden, und es wäre wichtig zu erfahren, von welchem Fundort der Schwerspath ist, der dieses hohe spec. Gewicht zeigt.

2) Abh. der Akad. der Wissensch. für 1831, phys. Klasse, S. 251.

stimmung mit den natürlichen Schwerspathkrystallen jedoch nicht zu ermitteln war. Es wurden zwei verschieden bereitete Niederschläge gewogen, die folgende Resultate gaben:

No.	Absol. Gewicht in Grammen.	Gewichtsverlust im Wasser.	Temp. des Wassers in 100thl. Sc.	Spec. Gewicht bei der beobachteten Temperatur.	Spec. Gewicht bei 14° R.
1	2,7462	0,6072	14°	4,5229	4,5209
2	3,2108	0,7086	22°	4,5312	4,5350

Um zu sehen, welchen Einflufs die mechanische Zerkleinerung hätte, wurde sowohl Schwerspath von Champeix (1) als von Dufton (2) im Achatmörser zerrieben. Das Pulver war unter dem Mikroskop betrachtet, im Vergleich mit dem chemischen Niederschlag, noch grob zu nennen. Ich erhielt hierbei folgende Resultate:

1	10,1014	2,2535	20°	4,4825	4,48447
2	9,8091	2,1896	18°	4,4799	4,48027

Welchen Einflufs die noch weiter getriebene mechanische Zerkleinerung ausüben würde, habe ich noch nicht weiter untersucht.

Folgerungen.

Aus den angeführten Versuchen ergiebt sich:

1) dafs die Bestimmungen des spec. Gewichtes stets höher ausfallen, wenn der Körper als chemischer Niederschlag in fein vertheiltem Zustande, als wenn er in gröfseren Krystallen oder derben Massen gewogen wird;

2) dafs im ersteren Falle mit der gröfsern Feinheit des Pulvers auch das spec. Gewicht steigt.

Da wenigstens beim Golde und Silber die Krystallform der geschmolzenen Metalle und ihrer chemischen Niederschläge vollkommen dieselbe ist, so ergiebt sich, dafs wenn auch das spec. Gewicht der chemischen Niederschläge höher gefunden wurde, als das der geschmolzenen Metalle, es deshalb noch nicht wirklich höher ist, sondern dafs diefs anscheinend höhere Gewicht nur eine Folge der gröfseren Vertheilung der Masse ist. Der Grund dieser Erscheinung kann

kann, wie mir scheint, nur darin gesucht werden, dafs die Körper in sehr fein vertheiltem Zustande die Fähigkeit haben, das Wasser zu verdichten, wie es bekannt ist, dafs sie die Fähigkeit haben, die Gasarten zu verdichten. Man wägt also im Wasser nicht den Körper allein, sondern mit einer Hülle von verdichtetem Wasser, und erhält auf diese Weise für den Verlust im Wasser eine niedrigere, und bei der Division in das absolute Gewicht des Körpers für das spec. Gewicht desselben eine höhere Zahl. Allerdings ist das Wasser nur sehr wenig compressibel, aber wenn die Buxbaumkohle 35 Volume Kohlensäuregas absorbiren kann, so sieht man, wie bedeutend diefs absorbirende Vermögen der pulverförmigen Körper ist, und es ist bei den specifisch schweren Körpern gewifs um so gröfser.

Bei dem schwefelsauren Baryt hat die Wägung des chemischen Niederschlags ebenfalls ein höheres spec. Gewicht als die der in der Natur vorkommenden Krystalle gegeben, aber hier ist diefs Resultat noch nicht völlig entscheidend, da noch nicht der Beweis geliefert ist, dafs die in der Natur vorkommenden Krystalle dieselbe Form haben, wie die des chemischen Niederschlages. — Dafs der zerriebene Schwerspath wie das gefeilte Gold nicht die Wirkung äufsert, wie der chemische Niederschlag, scheint darin seinen Grund zu haben, dafs die mechanische Zerkleinerung eine so feine Vertheilung der Masse, wie der chemische Niederschlag nicht hervorgebracht hat, aber es zeigt auch zugleich, dafs schon eine bedeutende Vertheilung der Masse dazu gehört, die angegebene Wirkung hervorzubringen.

Es ist in der neueren Zeit besonders durch Beudant gebräuchlich geworden, das Gewicht der Mineralien, wenn es auf genaue Versuche ankommt, stets an pulverförmigen Körpern zu bestimmen; um die Fehler zu vermeiden, die durch die Höhlungen entstehen, welche in den gröfseren Krystallen mehr oder weniger stets vorkommen. Allerdings finden sich solche Höhlungen, wenn auch besonders nur bei Zwillingskrystallen und bei fasrigen und körnigen Aggregaten, die man deshalb nicht ohne Noth zur Bestimmung des

spec. Gewichts anwenden sollte; und da die vorigen Versuche zeigen, dafs ein gröbliches Pulver nur von äufserst geringem Einflufs auf das spec. Gewicht ist, so würde ein solches Pulver immer angewandt werden können. Chemische Niederschläge sind aber dagegen zur Bestimmung des spec. Gewichts nun nicht anzuwenden, weil dieses bei der von mir befolgten Methode bei solchen immer zu hoch ausfällt. Aber auch die Leslie'sche Methode scheint einem ähnlichen Fehler im entgegengesetzten Sinne unterworfen zu seyn, wenigstens nach den Karsten'schen Versuchen zu urtheilen, deren Resultate bei pulverförmigen Körpern stets zu niedrig ausgefallen sind. Dennoch ist die Bestimmung des specifischen Gewichts auch von Körpern in solcher feinen Vertheilung, wie der chemische Niederschlag sie liefert, von der höchsten Wichtigkeit, weil von so völliger Reinheit, wie man diesen erhalten kann, die Krystalle in der Natur oft gar nicht vorkommen, oder die Körper oft gar nicht anders als in solchen Zuständen zu erhalten sind; es wäre also sehr wichtig, auch für die Bestimmung des spec. Gewichts der chemischen Niederschläge eine richtige und genaue Methode zu ersinnen.

II. *Das Bluten des Rebstocks unter den Tropen;* *von H. Karsten.*

Beim Lesen von E. Brücke's Arbeit über diesen Gegenstand (diese Annalen, Bd. 63, p. 178) entstand in mir der Wunsch, zu erfahren, wie sich in den Gegenden des beständigen Frühlings die durch den aufsteigenden Saft hervorgebrachte Kraft äufsern möge.

Zu jener Zeit, wie mir Brücke's Arbeit bekannt wurde, befand ich mich in Venezuela in der Provinz Caracas, wo an mehreren Orten Rebstöcke gepflanzt waren. Sowohl in Puerto-Cabello wie in La-Guayra hörte ich, dafs man in einem Jahre, wenn das Beschneiden zweckmäfsig besorgt und das Begiefsen nicht versäumt wurde, dreimal reife Früchte von ausgezeichneter Güte und Gröfse ernten könne[1]).

Im Juli 1846 hatte ich durch die liebenswürdige Bereitwilligkeit meines Freundes Harrassowitz Gelegenheit, in Mayquetia, einem bei La-Guayra gelegenen Orte, einen Rebstock auf das Steigen des Saftes zu prüfen; es erfolgte jedoch in der seit lange regenlosen Zeit kein Nässen der Schnittfläche, was nach den Mittheilungen des Besitzers zu andern Jahreszeiten zuweilen stattfindet. Bald nach dem Beschneiden entfalteten sich auch hier neue Knospen und Blüthen.

Auch in dem kühleren Klima der höheren Gebirge traf ich in der deutschen Colonie Tovar, eine Tagereise westlich von Caracas, eine Pflanzung von Rebstöcken, die seit vier Jahren angelegt war, bisher zwar noch keine Früchte getragen, doch in den letzten Jahren schon in kräftigen Stöcken geblüht hatte. Die opfernde Güte des Herrn Alexander Benitz, Vorstehers dieser Colonie, setzte

1) Die mittlere Wärme La-Guayra's beträgt 20°,8 R. Das niedrigste Monatsmittel von 19°,86 R. fällt auf den December, das höchste von 22°,2 R. auf den August.

mich auch hier in den Stand, von den vorhandenen Stöcken mir für meine Versuche nach Bedürfnifs auswählen zu können, und ich glaubte zu Gunsten der Wissenschaft die Regeln der Bescheidenheit aufser Acht lassen zu dürfen.

Die Colonie Tovar liegt 5300′ hoch, in einem gegen Osten offenen, unter 30° sich senkenden Gebirgsthale; gegen Norden und Süden sowohl wie gegen Westen durch bewaldete Höhen eingeschlossen, deren Gipfel im Westen 6000′ mifst.

Regelmäfsig herrscht hier während des Tages Ost- oder Südostwind, der bei Sonnenuntergang dem, von dem westlichen Rücken herabfallenden Westwinde in gröfserer oder geringerer Höhe Platz macht und die Gegend ihres Zusammentreffens durch dichten Nebel bezeichnet. Gewöhnlich findet diefs in den tiefer gelegenen Gegenden des Thales statt, so dafs die Colonie während des kühleren, oft schärfer wehenden Westes von dem tiefen, reinen Azur sich des ruhigen klaren Lichtes der zahllosen Gestirne erfreut.

Doch in der Regenzeit, die gewöhnlich von der Mitte des Maies bis zur Mitte des Decembers anhält, sind auch die Nächte häufig durch Nebel- und Regenwolken verfinstert, die aus dem in wärmeren Gegenden aufgenommenen Wassergase hier sich bilden.

Während der trockenen Jahreszeit fällt nicht selten gar kein Regen, die Pflanzenwelt ist auf die Feuchtigkeit des Bodens und das Wassergas der Luft angewiesen, wenn nicht die feuchtere Luft der Thäler in der Nacht durch einen stärkeren Ostwind bis in diese Höhe getragen wird, und sich ihres Ueberflusses hier erst entladet.

Im Jahre 1846 fiel am 4. April der erste Regen seit Mitte Decembers, und wiederholte sich einige Tage mit Nordwest; die eigentliche Regenzeit begann jedoch erst im Mai. Es regnete zuletzt in diesem Jahre am 12. December; im Ganzen waren im Laufe des Jahres $1^{mm},033$ Wasser gefallen, von denen $0,^{mm}150$ auf den September kommen. Das Mittel der Verdunstungsmenge ist in der Regenzeit $= 1^{mm},7$, für die trockene Jahreszeit $= 4^{mm},0$.

Die mittlere Wärme des Jahres ist 14°,4 R., die auf die Monate im Mittel wie folgt vertheilt ist:

Januar	13°,12	Mai	14°,62	September	15°,12
Februar	13 ,62	Juni	14 ,82	October	14 ,5
März	14 ,25	Juli	15	November	14 ,5
April	14 ,62	August	15	December	13 ,8

Das gröfste Mittags-Mittel fällt auf den Juli mit 22°,75 R., die geringste mittlere Wärme der Nacht, aus der vor Sonnenaufgang gemessenen Wärme eines Baches erschlossen, ist im März mit 8°,1 R. beobachtet.

Ich stellte die Versuche mit derselben Glasröhre an, die mein Freund Brücke dazu benutzt und mir auf meine Bitte dazu überschickt hatte; sie besafs die in nebenstehender Figur abgebildete Form. Der Durchmesser des dickeren Theiles der Röhre war gröfser oder geringer, je nach der Dicke des Zweiges, auf den derselbe gesetzt wurde; der innere Durchmesser des dünneren Theiles belief sich auf 1 bis 1,3 Millimeter. Diese Röhren wurden so weit mit Quecksilber gefüllt, dafs dasselbe, wenn sie vertical standen, den Raum *a b c* ausfüllten und die durch den engeren Theil hervorgebrachte Capillardepression bemerkt. — Es wurden dieselben vermittelst Kautschukröhren unter den Vorsichtsmafsregeln befestigt, die schon Brücke (a. a. O.) beschrieben. Die Pflanzen, die ich benutzte, standen frei an dem östlichen Abhange des Berges. Es wurden Vorkehrungen getroffen, das Rohr vor den Sonnenstrahlen zu schützen.

Ich stellte mir folgende Fragen:

1) wann ist das tägliche Maximum und Minimum des Saftdruckes?
2) wie verhält sich dieser in den verschiedenen Jahreszeiten?
3) übt der Mond einen Einflufs auf das Steigen des Saftes?
4) welche Kraft oder welche Kräfte fördern die Bewegung des Pflanzensaftes?

Für die Beantwortung dieser Fragen war es nöthig, unter möglichst verschiedenen Verhältnissen die Versuche anzustellen. Die ersten Beobachtungen vom 4. bis 22. October geschahen an vier Rebstöcken, denen ich nur einen Ast nahm, um das Steigrohr aufzusetzen, während noch mehrere beblätterte Aeste blieben.

Es ergab sich, dafs bei gleichmäfsiger Witterung der niedrigste Stand des Quecksilbers um 2 — 3 Uhr Nachmittags stattfand; der höchste dagegen Morgens um 6 oder 8 Uhr, was davon abhing, ob die Blätter während der Nacht mit Thau bedeckt waren oder nicht. Sehr einfach erklärt sich diefs Verhalten aus der durch die Blätter bewirkten Verdunstung, die am geringsten in der Nacht bis Morgens um 8 Uhr war, wo sich die Blätter mit Thau bedeckt hatten, am gröfsten dagegen Nachmittags zur angegebenen Zeit, wo die geringste Spannkraft des atmosphärischen Wassergases stattfindet.

Veränderungen in der Atmosphäre änderten diese Verhältnisse, während welcher Zeit die Wurzeln gleichförmig thätig zur Aufnahme des Wassers blieben; daher der gröfste Druck, die Saftfülle, zur Zeit der geringsten Verdunstung und umgekehrt stattfand.

Es äufsert sich diese Druckveränderung in der Quecksilbersäule in dem Steigrohre, das mit dem abgeschnittenen Zweige verbunden ist, als Steigen und Fallen der Oberfläche desselben; ein solches Steigen und Fallen aber auch in der lebenden Pflanze annehmen zu wollen, erinnert an die unklaren Ideen eines Saftkreisflusses, eines aufsteigenden und absteigenden Rindensafts, den man durch unpassende Vergleiche mit dem Thierkörper in der Pflanze voraussetzte. Der Saft fällt nicht in der Pflanze, denn es bieten weder die Wurzeln und die unteren Theile des Stammes leere Räume für eine herabsteigende Flüssigkeit, noch sind es die Spitzen der Zweige, die zuerst sich mit Luft füllen statt des Zellsaftes.

Dagegen wird durch das Verhältnifs der Verdunstung durch die Blätter zu der Aufnahme von Flüssigkeit durch

die Wurzeln ein gröſserer oder geringerer Saftgehalt des Pflanzenkörpers hervorgebracht.

So wie einerseits gröſsere Trockenheit der Luft den Druck des Saftes auf das Quecksilber schwächt, so thut das andererseits auch gröſsere Trockenheit des Bodens, was die beigefügten Beobachtungen deutlich zeigen.

Beobachtet man an blattlosen Stämmen, wie ich es vom 23. October bis zum 7. December that, so ist ein tägliches Schwanken nicht mehr wahrzunehmen; bei unveränderter Witterung findet eine gleichförmige Vermehrung des Druckes statt, ein warmer Regen steigert denselben mehr wie ein kalter, so wie eine längere Trockenheit die Saftfülle vermindert.

Hiernach muſs nun, wie es die Beobachtung überdieſs bestätigte, in der regenlosen Jahreszeit auch unter den Tropen das Steigen des Saftes unterbrochen werden, da durch die Thätigkeit der Wurzeln das durch die Blätter Verdunstete nicht wieder ersetzt werden kann.

Im Januar setzte ich, nachdem seit vier Wochen kein Regen gefallen war, auf mehrere ast- und blattlose Stämme die Steigröhren, der Stand des Quecksilbers blieb jedoch in denselben ohne Veränderung.

Man sieht, wie sehr diejenigen irren, die da glauben, daſs das Steigen des Saftes durch die Verdunstung allein bewerkstelligt werde; diese ist im Januar in jener Gegend noch einmal so groſs wie im October, dennoch fand zu jener Zeit kein Steigen des Saftes statt, während im October die Quecksilbersäule mit einer Kraft, die den Druck einer ganzen Atmosphärenhöhe übertrifft, in die Höhe gepreſst wurde.

Ich beobachtete nämlich am 28. October, Abends 9 Uhr, einen Unterschied der Quecksilberhöhen von 28,25 pariser Zoll an einem blattlosen Stamme. Dieſs Maximum der Druckhöhe wird anscheinend von den von Steph. Hales in England beobachteten von 38 engl. Zollen Quecksilber weit übertroffen. Brücke indessen zeigte in seiner oben bezeichneten Schrift, daſs man, um die Maxima vergleichbar

zu machen, von dem beobachteten Drucke den einer Saftsäule abziehen mufs, deren Höhe gleich ist der Erhebung des höchsten Punktes des Weinstockes über den Nullpunkt der Quecksilbersäule. Reducirt man nun demgemäfs das von Hales gefundene Maximum nach den von Brücke seinen Rechnungen zum Grunde gelegten Angaben, so bleiben von den 38 engl. Zollen nur 19,09 pariser Zolle übrig. Da nun der von mir gebrauchte Stock keine weiteren Zweige hatte, so kommt das an ihm beobachtete Maximum ohne allen Abzug in Rechnung und ist demnach um 9,16 pariser Zoll gröfser als das gröfste der in Europa beobachteten Maxima, wobei noch zu bemerken ist, dafs meine Beobachtungen nicht einmal in der günstigsten Jahreszeit für die Beobachtung des Jahresmaximum des Saftdruckes gemacht sind, das sicher im Monat Mai eintreten wird, wo nach fast halbjähriger Trockenheit die ersten Regengüsse den eingetrockneten Boden durchdringen, die Thätigkeit der Wurzeln von neuem erregen, die Umwandlung der Stöcke und die Bildung neuer Gewebe möglich machen.

Wegen der im November nur schwachen Entwickelung neuer Zellen in dem cambialen Gewebe konnte ich auch längere Zeit, wie es in dem Frühlinge der gemäfsigten Zone möglich ist, ohne Störung in der Saftbewegung zu bemerken, an demselben Stocke beobachten: bis das Schwellen der Knospen eine Unregelmäfsigkeit derselben verkündete.

Nach einem allgemein verbreiteten Volksglauben ist die Saftfülle von den Mondphasen abhängig, zur Zeit des Vollmondes soll der Saft steigen, zur Zeit des Neumondes fallen; man erhält oft zugleich als Erklärung dieser vermeintlichen Beobachtung, es sey die Anziehungskraft des Mondes, die das Fallen und Steigen bewirke. Abgesehen nun davon, dafs es sich gerade umgekehrt verhalten müfste, wenn überhaupt eine Einwirkung des Mondes in dieser Weise auf den lebenden Körper möglich wäre, ist auch die Thatsache an sich noch zweifelhaft; meine Beobachtungen sprechen wenigstens nicht dafür.

Vergleicht man zuerst die Angaben vom 5. und 20. Octo-

ber, die zur Zeit des Voll- und Neumondes an solchen Stöcken beobachtet, die noch beblätterte Zweige besafsen; dann die vom 2. und 18. November, wo an blattlosen Stämmen beobachtet wurde: so sieht man, dafs während der Nacht der in Vermehrung oder Verminderung begriffene Druck des Saftes auf die Quecksilbersäule keine Abweichung erlitt, die nicht als durch die Witterung hervorgebracht zu erklären wäre. Die gleiche Höhe der Quecksilbersäule von 24 Zoll vom 18. November und 2. December, ebenso mit der Zeit des Neu- und Vollmondes zusammentreffend, ist gleichfalls nicht zu Gunsten dieser Hypothese.

Ueberdiefs stellte ich noch unmittelbare Messungen des Saftes einer anderen Schlingpflanze an, des *Cissus pubescens*, die (wegen ihres grofsen Gehaltes an klarem reinschmeckenden Saft) als *bejuco de aqua* (Wasserranke) bekannt ist. Schneidet man den Stamm dieser Pflanze durch, so nässen sich zwar die Schnittflächen, es fliefst jedoch kein Saft aus; diefs erfolgt augenblicklich mit Heftigkeit, sobald man einen zweiten Schnitt unterhalb oder oberhalb des ersten macht.

Ich schnitt nun im März und April zur Zeit des Mondwechsels gemessene Stücke gleichdicker Stämme ab, und fing das ausfliefsende Wasser auf; es verminderte [1]) sich in einem bestimmten Verhältnisse, bis gegen das Ende der trockenen Jahreszeit gar kein Saft mehr ausflofs [2]).

Bemerkenswerth scheint mir noch, dafs die jedesmal abgedunsteten Säfte, ungeachtet ihres verringerten Volumens, stets fast eine gleiche Menge fester Stoffe zurückliefsen.

Um über die zum Steigen des Saftes mitwirkenden Kräfte aus dem Bau des Gewebes und dem Verhältnisse der in

1) 15. März: 124 Grm.; 29. März: 71 Grm.; 12. April: 35 Grm.; 20. April: = 0.

2) Diese Beobachtungen stimmen nicht mit den Angaben Aublet's, der in Guyana die Schlingpflanzen das ganze Jahr hindurch bluten sah, und nicht mit denen Meyen's, der dasselbe auf Leçon beobachtet hat; ich kann mir diefs nicht anders erklären, als dafs in jenen Gegenden die Regenzeit nicht so lange aussetzt, denn die Bodenfeuchtigkeit allein bewirkt nicht das Saftsteigen, wie ich an dem *Cissus* sah, der in der Nähe des Flusses stand.

demselben vorhandenen Absonderungsstoffe vielleicht Andeutungen zu erhalten, unternahm ich die anatomische Untersuchung jedes abgeschnittenen Stockes, wobei ich meine besondere Aufmerksamkeit dem Stärkmehl zuwendete, da es der Körper ist, dem man nach seiner Umwandlung in auflösliche Stoffe eine besondere Wirksamkeit in dieser Hinsicht zuschreibt.

Bei jedem Versuch habe ich das Ergebnifs dieser Untersuchung hinzugefügt. Es bildet sich die Stärke in den jüngeren Trieben, zuerst treten hier Bläschen auf mit einer Flüssigkeit angefüllt, die durch Jod gelb gefärbt wird. Dieser sich durch Jod gelb färbende Inhalt verändert sich zuerst in der Mitte der Markstrahlen in den etwas älteren Theilen auf die Weise, dafs er durch Jod blau gefärbt wird. (Man vergleiche z. B. die Beobachtungen vom 17. October und 13. November.)

Die spätere Umwandlung des Stärkmehls in gummiartige Stoffe geht zuerst in denjenigen Zellen vor sich, die verdickte Wandungen bekommen; diese Stoffe sind es dann, die vermittelst Diffusion zur Hebung der von den Wurzeln aufgenommenen Flüssigkeit beitragen können.

Die Bewegung der Flüssigkeit in dem Pflanzengewebe wird durch verschieden wirkende Kräfte befördert. Zuerst sind es die äufseren meistens atmosphärischen Verhältnisse, die wir schon oben besprochen haben, welche bewirken, dafs das Gewebe der Pflanzen an einer Stelle austrocknet und dann von der benachbarten feuchten das ihm Entzogene zu ersetzen sucht. Zu dieser Ausgleichung tragen nun die dem Gewebe selbst eigenthümlichen Grundkräfte der Imbibition und Capillarattraction, ferner die Diffusion des Zelleninhaltes mit den von aufsen zugeführten Stoffen, und drittens das der Zellenmembran inwohnende Wachsthumvermögen durch Intusception bei.

Stephan Hales zog aus seinen bekannten Versuchen über die Kraft, mit welcher der Saft der Rebstöcke zu verschiedenen Zeiten aus den Spiralröhren hervorquillt, den Schlufs, dafs die Haarröhrchen-Anziehung und die durch

die Wärme bewirkte Verdunstung die Ursache der Saftbewegung sey. So entschieden es nun auch ist, dafs die Aufsaugung von Flüssigkeit in die Zellenhäute und die Haarröhrchen-Anziehung der Zwischenzellgänge die ausgebreitetste Wirkung auf die Bewegung der Flüssigkeit im Pflanzenkörper ausüben, so ist sie doch nicht hinreichend, die oft sehr weiten Gefäfse und Zellen zu füllen und den von ersteren aufgenommenen Saft mit einer solchen Kraft steigen zu lassen, wie es uns die Versuche zeigen.

Brücke zeigte (a. a. O.), wie viel der hydrostatische Druck der in dem Zellgewebe zuerst aufwärts gestiegenen Flüssigkeit dazu beitragen kann, die Gefäfse zu füllen.

Diese rein mechanische Fortbewegung des Pflanzensaftes wird nun überdiefs unterstützt und erhöht durch das Mischungsbestreben der chemisch verschiedenen Stoffe des Zelleninhaltes und der Zwischenzellgänge. Die Diffusion ist es besonders, die in Verbindung mit dem Wachsthumsvermögen der Zellmembran die Aufnahme der Flüssigkeiten in dem Pflanzenkörper vermittelt. Dafs insbesondere die Wurzeln diese Vermittelungsorgane sind, wird sowohl aus den früher wie aus den jetzt von mir mitzutheilenden Versuchen hinreichend bewiesen; dafs jedoch hier die Haarröhrchen-Anziehung allein nicht ausreiche, die Aufnahme von Flüssigkeit aus dem Boden zu erklären, ist uns aus des geistvollen Davy's Erörterungen bekannt.

Bevor ich weiter auf diesen Gegenstand eingehe, mag es erlaubt seyn, den Bau der Wurzeln, wie ich ihn nicht nur bei dem Weinstock, sondern bei allen Dicotylen, die ich darauf untersuchte, bei allen Monocotylen und Farren gefunden habe, kurz zu vergegenwärtigen.

Die ausgewachsenen Theile der Wurzeln bestehen aus Spiralfasern und verwandten Formen, die bei den Monocotylen und Farren immer (wenige niedrige Farren ausgenommen) in einen Cylinder gestellt sind, der ein Markgewebe umschliefst, das vielen Dicotylen fehlt, und von einem Rindengewebe umgeben ist. Alle diese Theile werden in einer Zellengruppe der Wurzelspitze gebildet, unterhalb

einer Gewebeschicht, die nach aufsen abgeworfen wird, während sie an der inneren diesem Bildungspunkte zugewendeten Seite sich erneut. Es ist diefs das Gewebe, auf welches Link zuerst aufmerksam machte, das de Candolle Wurzelschwämmchen nannte, indem er meinte, dafs es entweder durch Hygroscopicität und Capillarität, oder auch »was wahrscheinlicher« durch die unmittelbare Einwirkung einer Lebenscontractilität derselben, durch ein abwechselndes Ausdehnen und Zusammenziehen seiner Zellen Flüssigkeit einsauge[1]). Diese abentheuerliche Meinung verschwindet bald, wenn man den Entwickelungsgang dieses Gewebes verfolgt. Das schon oben erwähnte, auf der inneren Seite dieses Wurzelschwämmchens befindliche, Zellen bildende Gewebe ändert sich auf der centralen Seite in die Fasern und die Zellen des Markes und der Rinde mit ihrer Oberhaut um, während auf der peripherischen Seite die Zellen des Wurzelschwämmchens daraus hervorgehen. In dem Mittelpunkt des Cambium, dem eigentlichen Sitz der Zellenbildung, sind nur schleimige, eiweifsartige? Stoffe enthalten, die durch Jod gelb gefärbt werden; die für die Umformung im Gewebe bestimmte Generation füllt sich zuerst mit Stärke, die später wieder verschwindet, während sich der sogenannte Zellkern unter Aufnahme von Kohlensäure[2]) bis zur Gröfse der Mutterzellen ausdehnt und mit gummiartigem Schleime füllt[3]). In den ausgewachsenen jüngsten Bast- und Holzfasern findet sich an der Stelle dieses Stoffes ein Gummi[4]),

1) *Physiologia végétale par A. P. de Candolle. Paris* 1832, *p.* 71.

2) Man überzeugt sich leicht durch das Mikroskop von der Natur dieses Gases durch Hinzufügung einer Lösung von Aetz-Ammoniak oder -Baryt zu dem Object, die das in den Zwischenzellräumen enthaltene Gas meistens nicht aufsaugt.

3) Die grofsen Wurzelschwämmchen einer Palme (*Iriartea praemorsa Kl.*) gab mir Gelegenheit, den Stoff in etwas gröfserer Menge zu erhalten, er löste sich im Wasser, wurde aus dieser Lösung durch Alkohol und Aether wie durch Bleiessig und Bleizucker gefällt, nicht durch Borax verdickt.

4) Diefs Gummi löst sich im Wasser, wird durch Aether und Alkohol aus dieser Lösung gefällt, der Niederschlag ist im Wasser löslich. Bleizucker, Borax, Alaun schwefelsaures Eisenoxydul und Eisenchlorid fällen es nicht, wohl aber Bleiessig.

während der Schleim des Wurzelschwämmchens noch mehr Kohlensäure absorbirt, bis derselbe in den äufsersten Schichten endlich wieder ganz verschwindet und die Zellen mit Kohlensäure gefüllt zurückläfst [1]).

Diese Umwandlung der Stärke in einen Stoff, der mit Begierde die in der Nähe der Wurzelspitze befindliche Kohlensäure und Wasser aufsaugt, ist nun ohne Zweifel die Ursache der Flüssigkeitsaufnahme und -Vermehrung der äufseren Schichten des Wurzelschwämmchens, dessen Zellen als todte Behälter anzusehen sind (da sie weder selbst weiter wachsen, noch in ihrem Innern neugebildete Zellen beherbergen), deren schleimiger, gummiartiger Inhalt, als Träger der unorganischen Nahrungsmittel der Pflanzen, sich fortwährend mit den von aufsen hinzutretenden Stoffen mischt [2]), welche Mischung durch Imbilition der benachbarten Zellmembran nach innen und aufwärts geleitet wird, um diesen Geweben als Nahrungsflüssigkeit zu dienen.

Füllen sich nun nach der Entfaltung der Blätter in der trockenen Jahreszeit die Holzfasern und -Zellen mit Kohlensäure [3]), so wird diefs Gas den von dem Gewebe des

1) Diesem schleimigen Gummi schreibe ich die ungemein starke Absorption von Kohlensäure zu, die ich an Wurzeln von Palmen beobachtete, eine 6‴ im Durchmesser haltende Wurzel in Kohlensäuregas gestellt absorbirte in 24 Stunden 18 Kubikzoll desselben ohne Ausscheidung eines anderen Gases.

2) Ob bei dieser Mischung auch Exosmose stattfindet, kann ich nicht entscheiden (dafs es seyn mufs, wie Schleiden angiebt, ist nur Hypothese), es würde dadurch dasjenige hervorgebracht werden, was den Namen eines Excretes verdiente, von dem schon vieles ohne Begründung geredet ist. Bei verschiedenen Versuchen, die ich mit jener Palmenwurzel und Kohlensäure anstellte, wurde diese völlig von der Wurzel aufgenommen, ohne dafs Ausscheidung zu bemerken gewesen wäre. Ich glaube daher den Ausdruck Excret auf die abgestofsenen saftleeren Zellen des Wurzelschwämmchens beschränken zu müssen.

3) Im September enthielt die durch Alkohol oder Quecksilber aus dem Gewebe des Stammes des Rebstockes ausgetriebene Luft (also die in den Zellen und Gefäfsen wie in den Zwischenzellräumen befindliche) über zwei Drittheile Kohlensäure. Der Rest wurde durch Schwefelkalium wenig verringert. Die Morgens und Abends aus der Pflanze genommene Luft enthielt gleiche Bestandtheile.

Wurzelschwämmchens beim Beginn der Regenzeit aufgenommenen Flüssigkeiten nicht nur den Eintritt in diese Zellenräume gestatten, sondern durch ihr Mischungsbestreben die Füllung derselben beschleunigen.

Eine Untersuchung der endosmotischen Kraft der verschiedenen Zellensäfte für Wasser und Gase, unter Berücksichtigung der Temperaturverhältnisse, die unsere Kenntnifs von der Saftbewegung der Pflanze aufserordentlich fördern würde, bleibt leider bis jetzt noch zu wünschen übrig.

Den 4. October schnitt ich, gegen Abend, den 4 Fufs langen Stamm eines Rebstockes einen Fufs hoch über der Erde ab. Der Stumpf besafs noch zwei 5 Fufs lange 1‴—2‴ dicke Aeste, die an dem Pfirsichbaum, unter dem der Stock stand, hinaufrankten. Das Glasrohr war überdiefs künstlich beschattet. Die Schnittfläche, deren Durchmesser 2‴,5—4‴,5 betrug, blieb anfangs trocken. Die Saftkanäle enthielten Kohlensäure, die Zellen des Markes und der Markstrahlen waren mit grofsen Stärkebläschen angefüllt.

Erklärung der Zeichen.

h Angabe der Beobachtungsstunde des Quecksilberstandes.

h' Angabe der Beobachtungsstunde der Luftwärme und -Feuchtigkeit.

q Stand des Quecksilbers in dem Steigrohr in pariser Zoll und Linien, die Zeichen + und — bedeuten die Erhebung oder Erniedrigung der Quecksilberoberfläche über den ursprünglichen Stand. Ist kein Zeichen hinzugefügt, so drückt die Zahl das Steigen aus.

t Stand des Reaumur'schen Wärmemessers die Wärme der Luft angebend.

t' Verdunstungskälte an dem genäfsten Wärmemesser abgelesen.

e Spannkraft des in der Luft enthaltenen Wassergases in pariser Linien.

r Sättigungszustand der Luft mit Wassergas, d. h. Verhältnifs des vorhandenen zu dem bei der stattfinden-

den Luftwärme möglichen Wassergehaltes der Luft. *e* und *r* nach der von **August** gegebenen Formel aus *t* und *t'* berechnet.

tr. Trübe Luft.

h. Heiterer Himmel.

w. Wolkig.

R. Regen. Die Angabe der Regenmenge ist in englischen Zollen ausgedrückt.

	h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
5. Octbr.	6	+ 6″ 2‴,5	6	10,7	9,9	4‴,62	0,93	
	8. 5	− 1 6	8. 5	14,4	12,6	5 ,10	0,77	tr.
	10	− 10	10	14,6	13,0	5 ,36	0,79	
	11	− 7	11	14,8	13,0	5 ,30	0,77	h.
	1	− 5	12	15,0	13,2	5 ,37	0,77	
	3	+12 11	4	15,2	13,5	5 ,54	0,78	
	4	+ 8	6	13,0	12,2	5 ,55	0,93	
	5	− 4 ,5						
	6	+ 5 9						
	8	+10 3						

Von 1—3 *h* Regen (0″,4), dann wieder klare Luft.

	h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
6. Octbr.	6	+ 5″	6	10,6	9,9	4‴,63	0,94	
	7	+ 5 1‴	7	12,0	10,9	4 ,63	0,84	
	8	+ 1 9	8	12,8	12,2	5 ,34	0,91	tr.
	9. 5	− 11	9. 5	15,0	13,6	6 ,04	0,87	h.
	11. 5	− 1 1	11. 5	16,0	14,2	5 ,86	0,78	
	12	− 1 1 ,5	2	12,2	11,0	4 ,63	0,83	
	2	+ 6	3. 5	13,6	12,0	4 ,89	0,78	
	3. 5	+ 1 3	4. 5	13,8	12,3	5 ,57	0,88	h.
	4. 5	− 1 3	6	12,0	10,6	4 ,40	0,80	
	6	− 1 6						
	8	− 1 6						

Von 12—2 *h* Gewitter mit starkem Regen, (0″,98.)

	h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
7. Octbr.	6	− 1″ 3‴	6	9,9	9,1	4‴,33	0,92	} w.
	7 } 10. 5	− 1 1 ,5	11	14,1	12,8	5 ,52	0,85	} w.
	11 bis 1	− 1 3 ,5	4	13,8	13,0	5 ,64	0,89	} tr.
	4	− 8	6	13,3	12,4	5 ,63	0,92	} tr.
	6	− 3						
	7	− 2						
	7	0						

Nachmittags regnerisch, es fiel 0,13 Wasser.

	h	*q*
8. Octbr.	6	− 4‴

Den 9. October, Abends nach Sonnenuntergang (6*h* 5), schnitt ich den 6 Fufs langen, frei an dem südlichen Abhang eines Hügels stehenden Rebstock einen Fufs oberhalb der Wurzel ab, wo er 2—3,5 Linien Dicke besafs. Die Schnittfläche wurde sogleich nafs und der Saft flofs schnell über.

Der Stock besafs noch zwei Aeste von 1 und 2 Fufs Länge.

Die Markstrahlenzellen, die spindelförmigen Holzzellen enthielten Stärke, das Mark des Internodiums war ohne dieselbe. In den jüngeren noch grünen Theilen des Stammes war gar keine Stärke vorhanden, statt dessen kleine Bläschen, deren Inhalt durch Jod gelb gefärbt wurde. In dem Cambium waren die Saftkanäle in der Bildung begriffen.

h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
10. Octbr. 6	+ 15″ 11‴	6	10,2	9,2	4‴,03	0,84	
7. 5	17	11	16,4	14	5 ,51	0,71	
8	16	4	15,4	13,9	5 ,29	0,74	
9. 5	13 9	6	15	13,6	5 ,70	0,82	
11	12 9						
12	13 10						
1	9 9						
2. 5	9 2						
4	9 2						
6	10 8						
7. 5	10 8						
9	11 9						

Klare Luft bis 4 *h*, dann etwas Regen.

h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
11. Octbr. 6 }	+ 10″ 8‴	6	11,5	10,8	4‴,72	0,89	}
7 }		11	16,2	13,8	5 ,42	0,71	} b.
8	11 3	4. 5	15,5	14,1	6 ,30	0,87	}
10	8 4, 5	6	14,9	13,8	5 ,90	0,85	
11	8 9						
3	7 3						
6	8 9						
9	9 0						

4 *h* Regen 0″,6.

h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
12. Octbr. 6	+ 9″	6	12,4	11,4	4‴,87	0,85	
8	9 9‴	11	16	13,6	5 ,32	0,71	
9. 5	10 1	4. 5	15,4	13,6	5 ,86	0,82	
11	7 11	6	14,1	12,6	5 ,20	0,80	
12. 5	7 10						

h

h	b	h'	t	t'	e	r	Wetter.
12. Octbr. 2.5	+ 5″ 7‴,5						
4.5	6 3						
6	7 10						
10	16						

Schön Wetter, etwas wolkig, doch kein Regen.

13. Octbr. 6	11″ 7‴	6	12,2	10,9	4‴,56	0,81	
7.7	12 1	9	13,5	12,3	5 ,18	0,84	
8.3	12 3	11.5	14,0	12,8	5 ,58	0,89	
9	12 1	12	14,2	13,0	5 ,49	0,84	
11.5	12 1	2.5	12,4	11,5	4 ,95	0,87	
12	10 6	3.5	11,7	11,1	4 ,86	0,91	
2.5	12 1	4.5	12,7	12,1	5 ,32	0,91	
3.5	13 6	6	11,8	11,0	4 ,78	0,88	
4.5 } 6 }	14 4	9	10,8	10,0	4 ,38	0,95	
9	14 2						

Bis 8 *h* lag der Thau auf den Blättern. — 11 *h* Himmel bewölkt. — Von 12 — 4 *h* regnete es 0″,71.

14. Octbr. 6	14″ 0‴	6	10,8	9,6	4‴,09	0,82	}
7	14 0	7	10,9	10,1	4 ,71	0,93	} h.
7.5	14 0	7.5	12,2	10,8	4 ,47	0,80	}
10	13 9	11	15,2	12,8	4 ,94	0,70	}
11	11 3						
1	9 8	1	15,4	13,0	5 ,04	0,76	
2	9 1	2	15,2	13,2	5 ,28	0,75	
4	9 1	4	14,7	12,8	5 ,06	0,74	N.
6	10 11						
9.5	11 10	6	13,6	12,9	5 ,62	0,90	

In der Nacht hatte es nicht gethaut.

15. Octbr. 6.5	9″ 4‴	6	11	9,5	3‴,93	0,77	h.
8	9 9	8	15	11,0	3 ,58	0,50	
11—1	6 3	11	16, 8	13,2	4 ,68	0,58	
2	7 6	2	15, 4	14,3	6 ,15	0,86	
2.5	9 9	2.5	15, 4	13,8	5 ,72	0,80	N.
4.5	12 7	4.5	13, 7	12,7	5 ,00	0,79	
6	12 8	6	12, 9	11,8	4 ,98	0,84	
9	12 7	9	12, 5	11,4	4 ,81	0,84	

Nachmittags Regen (0″,42) und Gewitter.

16. Octbr. 6	11″ 4‴	6	10,3	8,4	3‴,70	0,77	
9.5	9	9	14,8	11,8	4 ,38	0,64	
11	7 6	11	15,4	11,8	4 ,05	0,56	
1.5	5 7	1.5	15,3	13,5	5 ,50	0,77	h.
3.5	7 3	3.5	13,6	12,3	5 ,15	0,82	
6	8 5	4.5	14	12,6	5 ,34	0,83	
		6	12,6	10,8	4 ,32	0,75	

Den 17. October, Abends 6 Uhr, schnitt ich einen 2 Fufs hohen buschig ästigen Rebstock 4 Zoll über der Erde ab, es blieb noch ein gleich langer Ast an demselben Stamme.

In der Nähe des Schnittes enthielt das Mark keine Stärke, die übrigen Gewebe waren mit Stärke angefüllt; nur das jüngste eben aus dem Cambium gebildete Gewebe war gleichfalls ohne Stärke.

In den jüngeren, grünen Theilen des Stammes enthielten die Zellen der Rinde und Markstrahlen Stärke, das Mark Bläschen, die durch Jod theils blau, theils gelb, zuweilen halb blau und halb gelb gefärbt wurden. Oft wurde die Hülle des Bläschens blau, während der Inhalt sich gelb färbte.

	h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
18. Octbr.	6	+ 6″ 7‴	6. 5	10,2	8,8	3,73	0,78	h.
	7	4 0	11. 5	15,2	13,2	5,28	0,72	
	9	— 5	4	14,5	12,5	4,96	0,74	
	3	— 6	6	13,7	11,8	4,65	0,74	tr.
	6	— 4						

Am Nachmittage sehr wenig Regen.

Den 19. October, Abends, schnitt ich den 5 Fufs langen einjährigen Trieb einen halben Fufs über der Wurzel ab, wo er 2—3‴ Dicke besafs. Der Stamm behielt noch zwei Aeste von 1 und 2 Fufs Länge.

Die mikroskopische Untersuchung der Gewebe gab ein ähnliches Ergebnifs wie der am 17. untersuchte Stamm.

	h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
	10 Ab	+ 4″ 8‴						
20. Octbr.	6	+ 8 6	6	12	11	4,71	0,85	
	9	+ 1 5	11	14,7	12,6	4,97	0,73	
	2. 5	— 8 ,5	2. 5	15,6	13,8	5,55	0,76	h.
	4	— 11 ,5	4	15,2	14	5,96	0,84	
	6	+ 7 10 ,5						
	9	+13 3	6	13,5	13,1	5,83	0,94	
21. Octbr.	6	12″ 10‴	6	11,1	10,9	4,97	0,97	h.
	7. 5	13 3	7. 5	13,9	13,9	6,37	1,00	
	8	10 4	8	15,9	13,3	5,41	0,72	
	10	— 1	11	16,6	14,3	5,70	0,72	

h	q	h'	t	t'	e	r	Wetter.
21. Octbr. 11	— 1″ 8‴						
12. 5	— 1 8	12	16,4	14,4	5,87	0,76	
3	— 8 ,5	3	14,9	13,7	5,82	0,84	
4	— 4 ,5	4	15,2	13,6	5,62	0,79	
6	— 1	6	13,3	12,2	5,20	0,85	
9	+ 3 2						

Bis 8 *h* liegt der Thau auf den Blättern. — Von 1 — 3 *h* regnete es 0″,04.

22. Octbr. 6	5″ 9‴	6. 5	11,5	10	4,12	0,62	
7.5	6 2 ,5	7. 5	13,7	10,8	3,91	0,62	
9	4 7	9	14,6	12	4,52	0,67	𝔥.
11	1 9	11	17	13,5	4,89	0,60	
4	1 10	4	13,6	12,6	5,41	0,87	ℜ.
6	2 5	6	13,4	12,7	5,72	0,93	

Nachmittags regnete es 0″,54.

Den 23. October, Abends, schnitt ich den 2 Fufs langen, einjährigen, sehr kräftigen Trieb eines 1 Fufs langen Stammes unterhalb seiner Einfügung ab. Der Stamm besafs keine Triebe weiter.

Alle Gewebe des grünen Zweiges enthielten sehr wenig Stärke, dagegen viele der kleinen durch Jod gelb gefärbt werdenden Bläschen.

Es regnete an diesem Tage 0″,55.

h	q	h'	t	t'	e	r	Wetter.
24. Octbr. 6. 5	19″ 7‴	6. 5	9,5	8,3	3,63	0,80	
8	20 6	8	13,9	12,2	4,95	0,77	
10. 5	19 7	10	14,2	12,4	5,00	0,76	
12	19 7	11	14,7	12,8	5,13	0,75	𝔥.
2	18 10	12	15	12,8	5,12	0,73	
		2	15,6	13,4	5,41	0,74	
		4	16,1	13,8	5,54	0,73	
		6	13	11,8	4,95	0,83	
25. Octbr. 6	23″ 6‴	6	11,1	10,3	4,77	0,93	
8	24 10	8	14,6	12,8	5,17	0,96	
11	25 3	11	14,2	12,6	5,16	0,79	𝔥.
12. 5	25 8	12.5	13,8	12,6	5,31	0,84	
3	26 2. 5	3	14,1	12,6	5,20	0,80	
9	26 4. 5						
26. Octbr. 6 M.	27	6	10,0	9,2	4,09	0,87	𝔥.

	h	q	h'	t	t'	e	r	Wetter.
27. Octbr.	6	26″ 10‴	6. 5	10,3	9,5	4‴,21	0,87	h.
	8	27 05	8	15	12,6	4 ,86	0,70	
	11	26 8	11	16,2	12,8	4 ,57	0,60	
	1	24 10	1	16,0	12,6	4 ,49	0,60	
	2. 5	19 9	2. 5	16,6	13,1	4 ,67	0,59	
	9	17 9	6	14,0	12,6	5 ,24	0,81	
28. Octbr.	6	24″ 10‴	6	10,45	9,05	3‴,96	0,81	
	11	24 3	11	16, 4	13, 2	5 ,91	0,76	h.
	4	24 10	4	14, 5	13	5 ,38	0,80	
	6	26 2	6	13, 8	12, 8	5 ,47	0,86	
	9	28 3						

Um 5 *h* ein wenig Regen 0″,03.

Den 29. October schnitt ich ein Internodium des Stammes weg und befestigte das Rohr nochmals auf demselben.

	h	q	h'	t	t'	e	r	Wetter.
	11	5″ 3‴	6. 5	11,0	10,1	4‴,39	0,86	
	2. 5	9 4	11	14,4	12,6	5 ,39	0,81	h.
	4. 5	11 3	2. 5	15,1	13,0	5 ,24	0,75	
	6	12 7. 5	4. 5	14,4	12,8	5 ,24	0,79	tr.
	9. 5	15 8	6	14,1	12,9	5 ,74	0,88	
30. Octbr.	6	21″ 1‴	6	10,6	9,9	4‴,39	0,89	h.
	11	22 4	11	15,2	13,0	5 ,22	0,74	
	4	24 6	4	14,0	12,2	4 ,91	0,76	tr.
	6	24 6	6	13,4	12,6	5 ,46	0,89	R.
	9	25						

Seit 11 *h* Regen und Nebel, es fiel 0″,25 Regen.

	h	q	h'	t	t'	e	r	Wetter.
1. Novbr.	6	26″ 5‴	6	10,3	9,45	4‴,18	0,87	
	8	27 5	11	15,0	12, 5	4 ,78	0,69	h.
	11	26 3. 5	4	13,8	12, 7	5 ,39	0,85	
	2	24	6	12,9	12, 4	5 ,49	0,93	
	4	24 11						R.
	6	25 1. 5						
	9	25 1. 5						

Vormittags klare Luft; von 2 *h* bis Abends Regen, es fiel 0″,08.

	h	q	h'	t	t'	e	r	Wetter.
2. Novbr.	6	21″ 9‴	6	11,0	10,0	4‴,31	0,84	tr.
	3. 5	24	11	14,5	12,9	5 ,29	0,79	
	6	24 3	6	11,6	10,6	4 ,55	0,85	R.
	9	24 3						

Morgens trübe Luft; von 11 — 3 *h* 1″,34 Regen.

	h	q	h'	t	t'	e	r	Wetter.
3. Novbr.	6	19″ 1‴	6	10,7	10,2	4‴,59	0,92	tr.
	11	18 11	11	14,2	13,1	5 ,57	0,85	
	6	14 10	6	12,8	12,4	5 ,52	0,94	

	h	q	h'	t	t'	e	r	Wetter.
4. Novbr.	6	17" 3"'	6	11,8	11,1	4"',85	0,89	
	9	18	11	14,6	13,0	5 ,35	0,79	

Fortwährend dichter Nebel.

Jetzt wurde die Beobachtung unterbrochen, da die Knospen, die in den letzten Tagen stark anschwollen, sich zu öffnen begannen. Auch der unterirdische wurzelnde Theil des Stammes, dessen Gewebe mit Stärke angefüllt war, hatte Knospen getrieben.

Den 4. November schnitt ich Mittags einen 6 Fufs langen Stamm mit zwei Aesten einen Fufs über der Erde ab, wo er keine Aeste mehr besafs und die Dicke desselben 3"' betrug. In den älteren Theilen waren die Zellen der Markscheide und Markstrahlen mit Stärke gefüllt. Die Cambiumschicht war in Schichten von Holz- und Bastzellen verändert, von denen die letzteren verdickte Wandungen besafsen. Die Zellen des Markes und der Rinde der jüngsten Theile des Stammes enthielten neben einer grofsen Menge von Schleim(?)-Bläschen viele Zellkerne.

	h	q	h'	t	t'	e	r	Wetter.
Um	6 Ab.	+ 1" 6"'						♄.
5. Novbr.	6	+ 3	6	11,3	11,0	4"',97	0,95	
	11	+ 1	11	12,8	12,2	5 ,36	0,91	tr.
	3	+ 0 9	6	13,2	12,6	5 ,54	0,91	
	6	+ 0 3						

Später 0",73 Regen.

	h	q	h'	t	t'	e	r	Wetter.
6. Novbr.	6	+ 0" 4"'	6	10,9	10,3	4"',78	0,93	tr.
	11	+ 0 9	11	14,2	12,9	5 ,41	0,83	
	6	0 0	6	14,0	12,8	5 ,39	0,84	

Trübe Luft und etwas Regen (0",25).

Den 8. November, Mittags, wurde ein 2 Fufs langer Stock 9 Linien über dem Boden abgeschnitten. Der Stumpf war zweiglos. — Die Markscheide und die Markstrahlen waren mit Stärke angefüllt; die noch grünen Theile enthielten nur in den Markstrahlen Stärke, in dem jüngeren

aus dem Cambium gebildeten Gewebe hatten sich einzelne verticale Zellenreihen, die künftigen Saftkanäle, mehr wie die übrigen erweitert. Das jüngste Gewebe der Terminalknospe enthält keine Stärke, nur, wie hier gewöhnlich, Schleim(?)-Bläschen und Raphiden.

6 Uhr Abends: Stand des Quecksilbers = 8″ 3‴.

Vormittags war schönes Wetter gewesen, um 3 Uhr regnete es kurze Zeit heftig (0″,6).

h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
9. Novbr. 7	15″ 0‴	6	10,4	8,8	3‴,65	0,75	
12	23	11	16,0	12,7	4 ,57	0,61	
4	10 4	4	14,5	12,5	4 ,96	0,74	h.
7	10 5	6	13,3	12,0	5 ,01	0,82	
10. Novbr. 7	14″	6	10,2	9,4	4‴,17	0,98	
12	15	11	15,4	13,1	5 ,13	0,71	h.
5	17	4	14,2	13,2	5 ,66	0,86	
		6	13,6	12,4	5 ,22	0,83	
11. Novbr. 6	18″ 6‴	6	12,2	11,7	5‴,24	0,93	
12	19 6	11	15,0	13,0	5 ,19	0,74	h.
9	19 10	4	14,4	13,1	5 ,42	0,81	
		6	13,3	12,2	5 ,10	0,83	
Um 4 Uhr fiel 0″,05 Regen.							
12. Novbr. 8	24″	6	12,3	11,9	5‴,30	0,94	tr.
11	29 9‴	11	13,5	13,0	5 ,76	0,82	
9	22	4. 5	12,5	12,0	5 ,31	0,93	
		6	12,3	11,5	4 ,99	0,88	R.
Es fiel 0″,32 Regen.							
13. Novbr. 6	21″	6	11,5	10,8	4‴,73	0,89	h.
12	18 6‴	11	14,2	13,0	5 ,49	0,84	

Den 13. November, Mittags, schnitt ich das 5 Fufs lange Ende eines kräftig gewachsenen Stockes 39″,5 über der Erde ab, wo er keine Zweige mehr besafs. Die unteren Theile des Abgeschnittenen enthielten in der Markscheide und den Markstrahlen bis in die Rinde Stärke. Weiter hinauf verlor sich die Stärke in der Rinde, später in der Markscheide. Einen halben Fufs unterhalb der Spitze enthielt nur der mittlere Theil der Markstrahlen Stärke, das Mark Schleim(?)-Bläschen, die Markscheide solche Bläschen,

die halb gelb, halb blau gefärbt wurden; ähnliche enthielt die Rinde, doch befanden sich im Umkreise der Bastgefäfse stärkehaltige Zellen.

Während des Tages war schönes Wetter. Um 8 Uhr Abends: Stand des Quecksilbers = 7″ 5‴.

h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
14. Novbr. 8	= 15″	6	11,8	11,3	5‴,02	0,92	
12	= 17	11	15,6	13,4	5 ,31	0,73	h.
6	= 15 9″	6	13,6	12,6	5 ,39	0,86	
15. Novbr. 6	= 13″ 8‴	6	12,2	11,5	5‴,02	0,90	
12	= 14 6	11	14,6	13,3	5 ,60	0,83	tr.
4. 5	= 12 3	4. 5	14,5	13,8	6 ,08	0,91	
		6	13,4	12,7	5 ,87	0,95	

Um 4. 5 Uhr schnitt ich noch 2 Fufs von dem blatt- und astlosen Stamm ab, und setzte sogleich das Rohr wieder auf.

Die Markscheiden- und alle Markstrahlen- und Rinden-Zellen sind mit Stärke angefüllt, und zwar war dieselbe in den unteren Theilen in gröfserer Menge und gröfseren Bläschen vorhanden, wie in den oberen.

Um 8 Uhr, Abends, stand das Quecksilber auf 7″.

h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
16. Novbr. 8	= 12″	6	12,2	11,7	5‴,18	0,92	
12	= 12 5‴	11	14,7	13,2	5 ,47	0,80	tr.
6	= 12 3	4. 5	13,6	12,8	5 ,54	0,89	
		6	13,0	12,4	5 ,45	0,91	ℜ.=0″,16
17. Novbr. 6	= 11″ 9‴	6	11,6	10,6	4‴,55	0,85	tr.
12	11 3	11	15,7	13,8	5 ,61	0,76	
5	12 5	4	12,7	11,6	4 ,91	0,84	ℜ.
		6	12,8	11,7	4 ,95	0,84	=0″,045
18. Novbr. 8	17″ 6‴	6	10,7	9,2	3‴,83	0,77	tr.
5Ab.	24 4	11. 5	15,2	13,9	5 ,89	0,83	
		4. 5	13,4	12,7	5 ,54	0,90	ℜ.=0″,9
19. Novbr. 6	22″ 3‴	6	11,05	10,2	4‴,46	0,87	tr.
11	20 3	11	14, 3	12,9	5 ,37	0,81	ℜ.
5	19 4	6	13, 1	11,8	4 ,93	0,84	=0″,035

h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
20. Novbr. 8	20″ 9‴	6	11,3	10,5	4‴,58	0,88	tr.
5	19	11	13,7	12,3	5 ,40	0,87	
		4. 5	14,3	13,5	5 ,87	0,89	ℜ.=0″,08
21. Novbr. 6	18″	6	11,4	10,6	4‴,62	0,70	
11	17 9‴	11	15,6	13,5	5 ,39	0,74	h.
6	15	4. 5	15,0	13,6	5 ,70	0,82	
		6	13,2	11,8	4 ,89	0,81	
22. Novbr. 6	14″ 5‴	6	10,1	9,0	3‴,92	0,83	h.
6	12 5	6	13,2	12,6	5 ,54	0,91	
2. Decbr. 12	24″						tr. ℜ.= 0″,3
3. Decbr. 6 M.	22″ 9‴						

Der Rest des Stockes war dem am 15. abgeschnittenen 2 Fuſs langen Ende sehr ähnlich; es schien etwas mehr Stärke vorhanden zu seyn.

Den 3. December, 6 Uhr Morgens, schnitt ich einen 6 Fuſs hohen Stock 6″ über der Erde ab. Er besaſs keine Zweige mehr. Das abgeschnittene Stück verhielt sich anatomisch wie gewöhnlich, war besonders reich an Stärke.

h	*q*	*h'*	*t*	*t'*	*e*	*r*	Wetter.
12	8″ 9‴	6	11,9	11,2	4‴,89	0,89	
		11	13,9	13,2	5 ,77	0,90	
		6	12,6	11,7	5 ,03	0,87	ℜ.=0″,54
4. Decbr. 6	14″ 6‴	6	11,5	10,9	4‴,82	0,98	tr.
12	15 9	11	13,8	13,3	5 ,90	0,93	
		4	13,8	13,4	5 ,98	0,93	
		6	13,2	12,6	5 ,54	0,91	ℜ.= 0″,07
5. Decbr. 6	12″ 6‴	6	11,6	10,8	4‴,69	0,88	tr.
12	14 3	11	14,2	13,2	5 ,67	0,86	
6	18 2	4. 5	13,8	13,0	5 ,64	0,89	
		6	13	12,5	5 ,46	0,91	ℜ.=0″,39
6. Decbr. 6 M.	16″10‴	6	11.3	10,6	4‴,66	0,89	h.
5Ab.	17 6	4. 5	14,0	13,6	6 ,07	0,94	tr.
		6	13,1	12,5	5 ,49	0,91	ℜ.=0″,27
7. Decbr. 6 M.	15″ 2‴	6	11,4	10,6	4‴,62	0,88	tr.
5Ab.	17	11	13,5	13,0	5 ,76	0,93	
		4. 5	13,9	13,2	5 ,77	0,90	ℜ.=0″,07

III. *Ueber die elektrischen Eigenschaften der Spitzen und Flammen; von R. van Rees.*

Dem kritischen Aufsatze des Herrn Riefs über die elektrischen Eigenschaften der Flammen (diese Annalen Bd. 71, S. 568) wünsche ich in folgenden Zeilen Einiges zu erwidern. Ich achte mich dazu verpflichtet, nicht nur weil die Einwendungen, die ich der Erklärung des geachteten Verfassers entgegenstellte, mir bei näherer Betrachtung immer mehr gegründet vorkommen, sondern auch damit ich den Vorwurf der Leichtfertigkeit, der auf mir lasten würde, falls die von mir vorgetragene Erklärung sich schon bei den einfachsten Fällen der Flammenwirkung ungenügend zeigte, beseitige. Ich werde auch hier die Wirkungen der nur glimmenden Körper, welche vielleicht eine spätere Erörterung finden werden, aufser Acht lassen.

Herr Riefs betrachtet die Flamme als einen guten Elektricitätsleiter, der mit einer Menge nach allen Seiten in die Luft hinausragender Dampfspitzen versehen sey, und zwar mit solchen, die an Vollkommenheit alle in der Natur vorkommenden Spitzen überträfen. (Ann. 61, S. 556.) Die erste sich darbietende Frage ist daher wohl, ob diese Spitzen wirklich vorhanden. Sie mit freien Augen zu sehen, verhindert zwar die Durchsichtigkeit des Wasserdampfes; man darf indessen die Analogie zu Rathe ziehen und untersuchen, ob in Fällen, wo der in die Luft ausströmende Wasserdampf durch Abkühlung als Dunst sichtbar wird, etwas Spitzenähnliches beobachtet werde. Man sucht aber die Spitzen vergebens, sey es bei dem Dampfe, der aus Gefäfsen, worin Wasser beim gewöhnlichen Drucke kocht, durch Röhren in die Luft austritt, oder beim Dampfe hohen Druckes, der sich über dem Ventile einer Locomotive erhebt. Ueberall sieht man nur abgerundete, nie zugespitzte Umrisse. Ich folgerte hieraus, die Hypothese des Herrn Riefs sey wenigstens an und für sich unwahrscheinlich.

Herr Riefs läugnet die Richtigkeit der Folgerung, weil bei der Locomotive keine Dampfmasse, sondern eine Nebelmasse vorliege, und diese mit grofser Gewalt in die Luft geschleudert werde. Mich freut es daher, ein einfaches Mittel zur genauen Beobachtung der aus einer Flamme aufsteigenden Gassäule angeben zu können. Es wird dadurch jedem Physiker ein Leichtes seyn, sich zu überzeugen, dafs die Form dieser Säule der des aus dem Ventile einer Locomotive ausströmenden Dampfes nicht so unähnlich sey, wie man sonst wohl glauben dürfte.

Mittelst des Erleuchtungsapparates eines Sonnenmikroskops bilde man im dunkeln Zimmer ein kleines Sonnenbildchen oder einen hell leuchtenden Punkt, stelle auf zwei oder drei Meter Entfernung die zu untersuchende Flamme, und in der doppelten Entfernung vom Punkte einen weifsen Schirm. Auf diesem erscheint dann, über dem Schatten der Kerze oder Lampe, eine naturgetreue, auf das Zweifache vergröfserte, Abbildung der von der Flamme sich erhebenden Gasmasse. Der untere Theil des Bildes zeigt eine gerade aufsteigende cylindrische oder leicht konische Säule, die in einer gewissen Höhe sich seitwärts etwas ausbreitet, dann aber ein wolkenähnliches Ansehen bekommt und in fortdauernder Bewegung begriffen ist. Je höher, desto unruhiger und undeutlicher wird das Bild, bis es sich endlich verliert.

Das Bild der unteren geraden Säule ist etwas dunkler, als der übrige Theil des Feldes, und von zwei geraden hellen Linien begränzt, was leicht erklärlich ist, wenn man bedenkt, dafs die aufsteigende durch die Hitze verdünnte Gassäule als eine cylindrische Linse wirkt, deren Brechungsindex geringer ist, als der der umringenden kalten Luft. Die hellen Gränzlinien sind übrigens von den farbigen Diffractionsstreifen, welche den Schatten der Kerze oder Lampe umsäumen, deutlich unterschieden. Unten, wo sie am hellsten sind, vereinigen sie sich durch eine concave Krümmung. Uebrigens sind sie längs der ganzen geraden Säule, wenn nur die Luft im Zimmer ganz ruhig ist, so bestimmt abge-

zeichnet, dafs wohl Keinem, der das Bild auch nur einmal gesehen, einfallen wird, hier hervorragende Spitzen zu vermuthen.

Es verdient noch erwähnt zu werden, dafs bei einer Weingeistflamme nur der Schatten des Dochtes, aber keine Spur der Flamme selbst, im Bilde sichtbar ist. Bei einer Wachs- oder Oelflamme dagegen sieht man, wegen der darin schwebenden Kohlentheilchen, einen schwachen Schatten des hell leuchtenden Theils der Flamme.

Da wo die aufsteigende Gassäule sich erweitert, hört das Bild auf von geraden, einen gleichmäfsig erleuchteten Raum einschliefsenden, Linien begränzt zu seyn; es zeigen sich jetzt auch im Innern hellere Linien in unaufhörlicher Bewegung, ein Beweis, dafs hier kalte Luft eindringt. Diese Linien werden nach oben mehr und mehr verwischt, weil bei fortschreitender Abkühlung des Gases dessen optischer Gegensatz zu der kalten Luft abnimmt, und zugleich allmälig eine Vermischung des Gases und der Luft eintritt; sie sind aber bis zu einer bedeutenden Höhe noch deutlich als abgerundet zu erkennen, und dieses gilt besonders von den äufseren das Bild begränzenden Umrissen, deren meist hervorragende Theile nie gezackte oder zugespitzte, sondern haufenwolkenartig abgerundete Formen zeigen.

Die mit verschiedenen Oel-, Wachs und Weingeistflammen von 1 bis 8 Centimeter Höhe angestellten Messungen gaben für die wirkliche Höhe der unteren ruhigen Säule 10 bis 22 Centimeter. Die Höhe des bewegten wolkigen Theiles kann natürlicherweise nicht gemessen werden, weil dieser Theil nach oben unbegränzt ist; man kann jedoch leicht eine Höhe angeben, bis zu welcher die Umrisse deutlich genug hervortreten, um ihre Formen genau zu erkennen. Ich übertreibe gewifs nicht, wenn ich behaupte, dafs selbst bei der kleinen Flamme von 1 Centimeter keine Spur von Spitzen im Bilde bis zu 1 Meter Entfernung vom unteren Ende vorhanden war, weshalb die Gassäule zweifelsohne bis zu einer Höhe von 50 Centimeter spitzenlos war. Die Spitzen bei einer freistehenden

Flamme noch höher zu suchen, wird wohl die Meinung des Herrn Riefs nicht gewesen seyn.

Ich gehe jetzt zu einer zweiten, in meinem vorigen Aufsatze gemachten Einwendung über, die obwohl von Herrn Riefs nicht beachtet, mir dennoch wichtig scheint. Nach Herrn Riefs strömt von der Flamme fortwährend ein dichter Dampfstrom aus, der sich als zusammenhangende Schicht in die Luft erhebt, nachher aber, zufolge des Eindringens der Luft, vielfach eingeschnitten und in leitende Fäden zertheilt wird, die von einander durch die gebildeten nichtleitenden Gasarten und durch heifse Luft getrennt sind. (Ann. 61, S. 555). Dafs sich nun aber aus einer Flamme kein zusammenhangender Dampfstrom erheben könne, ist leicht begreiflich. Denn es wird entweder, wie beim Weingeiste, Kohlensäure und Wasserdampf an jeder Stelle der Flamme zugleich gebildet; oder es verbrennt, wie beim Wachs und Oel, in dem innern hell leuchtenden Theil der Flamme mit dem Wasserstoff nur ein Theil der Kohle, während die Verbrennung des anderen Theils in der äufseren Flamme stattfindet. In beiden Fällen kann der Wasserdampf nur mit der Kohlensäure gemischt austreten. Aufserdem geschieht die Verbrennung nicht in reinem Sauerstoffe, sondern in der atmosphärischen Luft. Mit jedem Maafse Sauerstoff treten ungefähr vier Maafs Stickstoff in die Flamme hinein und vermengen sich mit den daselbst gebildeten Producten der Verbrennung. Die heftige, die Verbrennung begleitende, moleculare Bewegung mufs nothwendig die Vermengung dieser Gase noch inniger machen. Annehmen zu wollen, dafs sie sich beim Eintritte in die Luft wieder trennen, hiefse dem Gesetze der Diffusion der Gase geradezu widersprechen. Dasjenige also, was sich über der Flamme in die Luft erhebt, ist ein inniges Gemenge aus Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf, von welchem letzterer nur einen geringen Theil ausmacht. Von leitenden, durch die gebildeten nichtleitenden Gasarten getrennten Dampffäden kann daher gar nicht die Rede seyn.

Aus Obigem geht hervor, dafs die Flamme nicht durch

Spitzen, am wenigsten durch Dampfspitzen wirke. Es könnte daher überflüssig scheinen, die Frage hinsichtlich des Leistungsvermögens des Wasserdampfes in Betracht zu ziehen, beschuldigte mich Herr Riefs nicht einer gewissen Inconsequenz, worüber ich mich zu erklären habe.

Im früheren Aufsatze lehnte ich mich gegen die Ansicht auf, dafs Wasserdampf bei der gewöhnlichen Temperatur ein Leiter sey, und führte, aufser den Versuchen anderer Physiker, auch eigene an. Herr Riefs spricht sich (Ann. 71, S. 569) nicht bestimmt über diesen Gegenstand aus; er behauptete nur, dafs meine Versuche, wie die früheren des Herrn Munck af Rosenschöld, gar nicht gegen die bekämpfte Ansicht sprächen. Da aber diese Behauptung ohne Gründe dahingestellt ist, wird es mir vergönnt seyn, auf meiner Ansicht zu beharren [1]).

Dahingegen sind alle Flammen, auch die des Wasserstoffes, wie die übrigen keine schwebenden Kohlentheilchen enthaltenden, Leiter der Elektricität [2]). Da nun diese Flammen nur aus glühenden Gasen bestehen, so schliefse ich, dafs Gase und Wasserdampf bei der Glühhitze Leiter sind.

Aus dem Bisherigen geht hervor, dafs der Wasserdampf, oder besser das Wassergas, sich hinsichtlich des elektrischen Leitungsvermögens nicht von den übrigen Gasen unterscheidet. In niederen Temperaturen leitet es eben so wenig, in der Glühhitze leitet es eben so gut als diese. Dieser Satz kann nicht auffallen, seitdem die Liquefaction mehrer Gase die frühere Trennungslinie zwischen den permanenten Gasen und den Dämpfen aufgehoben hat.

Es mufs nun eine Temperaturgränze geben, über welcher

1) Wenn Herr Riefs meint, diese Versuche seyen nicht gültig, weil sie nicht mit reinem Wasserdampfe, sondern mit feuchter Luft angestellt seyen, so erwidere ich, dafs diefs auch, so weit mir bekannt, mit den Versuchen der Fall ist, aus welchen man hat schliefsen wollen, der Wasserdampf sey ein Leiter. Aufserdem sind die Versuche Schafhäutl's (Philos. Mag. vol. 18, p. 14) mit reinem Wasserdampfe angestellt.

2) Dafs die verschiedenen Flammen selbst den elektrischen Strom eines einzigen Plattenpaares leiten, ergiebt sich aus den Versuchen Andrews's. (Ann. 43, S. 310.)

die Gase aufhören vollkommen zu isoliren. Wo diese Gränze liegt, und ob sie bei allen Gasen die nämliche sey, ist nicht bekannt; aber gerade deswegen ist es nicht erlaubt, bei derselben Temperatur willkürlich einem Gase das Leitungsvermögen zu-, einem andern abzusprechen. Ich war daher vollkommen berechtigt zu behaupten, dafs die Hypothese des Herrn Riefs, der zufolge die aus der Flamme hervortretenden Dampffäden leitend, die zu gleicher Zeit gebildeten Gase nichtleitend seyen, fallen müsse, sobald erwiesen, dafs der Wasserdampf, gleichwie alle Gase, bei der gewöhnlichen Temperatur isolire.

Die Erklärung der elektrischen Flammenwirkung, welche ich statt jener des Herrn Riefs als die wahrscheinlichere vorgetragen habe, beruht auf den Eigenschaften der, vorzüglich von Faraday in seinen elektrischen Untersuchungen näher beleuchteten, fortführenden Entladung. Der innige Zusammenhang zwischen dieser Erklärung und meiner Ansicht von der Wirkung der Spitzen veranlafst mich hier, wie im vorigen Aufsatze, Einiges über letztere vorauszuschicken. Da ich aber auch hinsichtlich dieses Punktes von Herrn Riefs abweiche, achte ich es diefsmal für nothwendig, die Gründe, die mir gegen seine Ansicht zu streiten scheinen, gelegentlich anzuführen.

Es ist allgemein bekannt, dafs die Dichtigkeit der Elektricität auf den hervorragenden Theilen eines elektrisirten Leiters gröfser ist, als auf den abgerundeten, und in's Unbestimmte zunimmt, wenn der Leiter in eine feine Spitze endigt. Sobald aber die Dichtigkeit eine gewisse Gränze überschritten, wird die Elektricität nicht mehr auf dem Leiter zurückgehalten, sondern strömt in die Luft aus.

Oft findet man die Meinung geäufsert, die Elektricität bewege sich hierbei als selbstständige Materie; sie durchbreche gleichsam, bei einem bestimmten Grade der Dichtigkeit, die Luft, deren Druck bisher ihre Ausströmung verhindert hatte. Die elektrische Materie übt hier, dieser Meinung zufolge, eine mechanische Kraft aus, gleichwie eine wägbare Flüssigkeit, so dafs z. B. die Erklärung der Drehung des

elektrischen Flugrades, gerade die nämliche wäre, als die der Drehung des Segner'schen Wasserrades durch den Ausflufs des Wassers aus Seitenöffnungen [1]).

Indessen ist die Behauptung, eine unwägbare Flüssigkönne einen mechanischen Druck auf wägbare Materie ausüben, schwerlich annehmbar; sie ist aufserdem überflüssig und kann durch eine andere vertreten werden, die von bekannten Thatsachen ausgeht.

Wenn ein die Elektricität leitender Körper mit einem elektrisirten Nichtleiter, z. B. die Deckplatte eines Elektrophors mit dem mäfsig geriebenen Harzkuchen in Berührung gebracht wird, entzieht sie diesem keine Elektricität. Ist dagegen der Nichtleiter stärker elektrisirt, so geht bei der Berührung Elektricität auf den Leiter über.

Umgekehrt, wenn ein nichtleitender Körper mit einem elektrisirten Leiter in Berührung tritt, verleiht dieser jenem Elektricität oder nicht, je nachdem er mehr oder weniger elektrisirt ist. Ein kleiner Harzkuchen, auf die Platte eines schwach geladenen Elektroskops gelegt, vermindert zwar durch Influenz die Divergenz der Goldblättchen; diese stellt sich aber wieder ein, sobald der Harzkuchen entfernt wird; ein Beweis, dafs solcher keine Elektricität mitgeführt hat. Hält man diesen dagegen an den Conductor der Maschine, so wird es bleibend elektrisch.

Dasselbe findet nun bei der Luft statt, die mit einem elektrisirten Leiter in Berührung ist. So lange die Dichtigkeit der Elektricität unter einer gewissen Gränze bleibt, nimmt die Luft keine Elektricität an; ist aber diese Gränze erreicht, so theilt der Leiter den berührenden Lufttheilchen Elektricität mit, diese werden elektrisch geladen [2]).

1) *Pouillet, Elém. de Phys. Paris* 1844. *Tom I, p.* 555.

2) Die allmälige Zerstreuung der Elektricität jedes elektrisirten Körpers in die Luft zeigt zwar, dafs diese kein vollkommener Isolator ist; indessen ist diese Art der Entladung, auch nach der Ansicht des Herrn Riefs (Ann. 65, S. 533), von der discontinuirlichen Entladung, die nur bei höheren Graden von Dichtigkeit stattfindet, und von welcher hier ausschliefslich die Rede ist, specifisch verschieden.

Wenn der Leiter mit einer Spitze versehen ist, tritt letzterer Fall viel früher ein. Bei einer schwachen Ladung des Leiters ist die elektrische Dichtigkeit der Spitze schon hinreichend, die Elektricität auf die Lufttheilchen zu übertragen.

Eine elektrisirte Spitze ist demnach von gleichartig elektrisirten Lufttheilchen umgeben, auf welche sie eine abstofsende Kraft ausübt, während die Lufttheilchen sich auch unter einander abstofsen. Sie entfernen sich daher von der Spitze, verbreiten sich in die sie umgebende Luft und tragen die Elektricität auf die nächsten, durch Influenz entgegengesetzt elektrisch gewordenen und daher zu ihrer Aufnahme schon vorbereiteten Leiter über.

Zur Bestätignng dieser Vorstellung genüge es, des von jeder elektrisirten Spitze ausgehenden Luftstromes zu erwähnen, welcher nicht allein von der gegenüber gehaltenen Hand deutlich gefühlt wird, sondern sogar fähig ist, eine Kerze auszulöschen und kleine Räderwerke in Bewegung zu bringen. Die gegenseitige Abstofsung der geladenen Lufttheilchen und der Spitze giebt auch eine bequeme Erklärung des Spieles des elektrischen Flugrades.

Der elektrische Zustand der Luft in einem Zimmer, wo die Maschine einige Zeit in Wirkung gewesen, vorzüglich wenn der Conductor mit einer Spitze versehen war, wirkt oft auf elektroskopische Versuche störend ein. Bringt man aus einem Nebenzimmer ein ungeladenes Elektroskop hinein, so divergiren die Goldblättchen sogleich an jeder Stelle, am meisten in gewisser Höhe in der Mitte des Zimmers, weniger in der Nähe der Wände und Tische, wo die elektrisirten Lufttheilchen Gelegenheit finden, ihre Elektricität abzugeben. Wird hingegen ein Elektroskop, das in einer stark elektrisirten Luft keine Divergenz zeigte, in einen unelektrischen Raum gebracht, so divergiren die Blättchen mit der entgegengesetzten Elektricität.

Die Erklärung der Wirkung einer Spitze auf einen ihr genäherten Leiter ist schon im Vorhergehenden enthalten. Wenn man einige Fufs weit von einem mit einer Spitze ver-

versehenen elektrisirten Leiter ein Elektroskop stellt, so sieht man die Blättchen sogleich divergiren und das Elektroskop hat bald eine, nicht bloſs durch Influenz bedingte, sondern bleibende Ladung erhalten, welche den die Elektricität des Leiters auf das Elektroskop übertragenden Lufttheilchen zugeschrieben werden muſs.

Auf dieselbe Weise erklärt man den Fall, wo eine unisolirte Spitze, einem elektrisirten Körper genähert, diesen entladet. Durch die Influenz des Körpers wird die Spitze dann entgegengesetzt elektrisch und bei hinreichender Näherung erreicht ihre elektrische Dichtigkeit bald den Grad, wobei die sie berührenden Lufttheilchen eine Ladung annehmen. Diese, von der Spitze abgestoſsenen, vom Körper angezogenen Lufttheilchen gehen auf letzteren über und neutralisiren die daselbst angehäufte Elektricität.

Der bis jetzt entwickelten Ansicht steht eine andere, von Herrn Rieſs als die richtige angenommene, gegenüber, nach welcher die Uebertragung der Elektricität ganz auſser Acht gelassen, und die Wirkung der Spitzen auf genäherte Leiter durch bloſse Influenz erklärt wird. Der Unterschied dieser und der vorigen Erklärungsweise wird am besten hervortreten, wenn wir den bestimmten Fall betrachten, wo ein nicht elektrisirter Leiter einer elektrisirten Spitze genähert wird. Um Zweideutigkeit zu vermeiden, nehme ich an, die Spitze sey positiv elektrisirt. Die Erklärung nach der Ansicht des Herrn Rieſs wäre dann folgende [1]).

An einer Spitze ist die elektrische Dichtigkeit um vieles gröſser, als an jeder anderen Stelle des damit versehenen elektrisirten Leiters. Nähert man der Spitze einen nicht elektrisirten Leiter, so wird dieser durch Influenz elektrisirt, und zwar erhalten seine der Spitze nächsten Punkte negative Elektricität. Die elektrische Dichtigkeit dieser nächsten

1) Obgleich Herr Rieſs (Ann. 61, S. 556) diese Erklärung nur auf Dampfspitzen anwendet, glaube ich doch in seinem Sinne zu handeln, wenn ich sie auf Spitzen überhaupt übertrage. Auch in den Abhandlungen der Academie zu Berlin 1844, S. 14, äuſsert er sich dem entsprechend.

Punkte hängt ab von der Entfernung derselben von der Spitze und von der elektrischen Dichtigkeit der letzteren. Bei gehöriger Näherung sind diese Punkte so stark elektrisch, dafs die daselbst angehäufte Elektricität den Leiter verläfst, der daher die positive Elektricität zurückbehält. Dieser zusammengesetzte Erfolg läfst es so erscheinen, als ob die der Spitze mitgetheilte Elektricität auf den genäherten Leiter wirklich übergegangen sey.

Dafs aber diese Erklärung nicht haltbar sey, scheint mir aus folgenden zwei Gründen hervorzugehen.

1) Die vertheilende Wirkung verschiedener elektrisirter Körper auf einen ihnen genäherten Leiter ist, bei gleicher Entfernung, nicht im Verhältnifs der Dichtigkeiten, sondern der Mengen der auf ihnen angehäuften Elektricität. Um behaupten zu können, dafs eine Spitze durch Influenz auf einen genäherten Leiter stärker wirke als ein abgerundeter Körper in derselben Entfernung, mufs vorher gezeigt werden, dafs in der Spitze eine gröfsere Elektricitätsmenge angehäuft sey. Die Unwahrscheinlichkeit einer solchen Annahme geht aus den eigenen schönen Untersuchungen des Herrn Riefs über die Anordnung der Elektricität auf Leitern hervor. An einem Würfel von nahe 37 Par. Linien Seite fand er die Dichtigkeit der Würfelspitze =4,22, wenn sie in der Mitte einer Würfelfläche =1 angenommen ward. Als er nachher auf die Mitte der oberen Würfelfläche eine konische Spitze stellte, deren Höhe 36,78 Par. Linien und deren Spitzenwinkel 20° 36′, gaben seine Messungen, bei Annahme derselben Einheit, die Dichtigkeit der Würfelspitze =4,19, der Kegelspitze =8,24 [1]). Diese Zahlen geben uns einen Anhaltpunkt bei der Berechnung des folgenden einfachen Versuches.

Ich stellte ein Elektroskop 2 Meter weit vom Ende des Conductors meiner Maschine. Nach mehreren Umdrehungen war die Divergenz der Goldblättchen kaum merkbar. Nachdem ich aber den Conductor mit einem 55 Millim. langen, 5 Millim. dicken und in eine Kegelspitze von 20° endigen-

1) Abhandl. der Acad. zu Berlin 1844, S. 10, 23.

den Messingdraht versehen hatte, zeigte das Elektroskop, in derselben Entfernung von 2 Meter von der Spitze, nach fünf Umdrehungen eine bleibende Divergenz von 20 Millim.

Der Durchmesser des kugelichten Endes des Conductors war 65 Millim. Hieraus findet man die Oberfläche der dem Elektroskop zugewandten Halbkugel = 6635 Quadratmillim. Die Oberfläche des ungefähr 15 Millim. langen konischen Endes des Drahtes war = 118 Quadratmillim. Wenn man daher auch annähme, dafs die elektrische Influenz nicht nur von der äufsersten Spitze, sondern vom ganzen konischen Ende ausginge, und die Dichtigkeit daselbst das Zehnfache wäre der Dichtigkeit am kugelichten Ende des Conductors ohne Spitze, was aus mehreren leicht ersichtlichen Gründen gewifs übertrieben ist, so wäre doch die Elektricitätsmenge auf der Spitze nur das Sechstel derjenigen auf der Halbkugel, und ihre Wirkung durch Influenz auf jeden Punkt des Elektroskopes im nämlichen Verhältnifs schwächer. Die durch den Versuch gegebene ungleich stärkere Wirkung der Spitze kann daher keine Influenzwirkung seyn.

2) Es läfst sich leicht zeigen, dafs ein nicht elektrischer Leiter von einer elektrisirten Spitze in einen bleibenden elektrischen Zustand versetzt werden kann, obwohl die durch Influenz bedingte Anhäufung der Elektricität in keinem seiner Punkte den Grad erreicht hat, wobei dieselbe den Leiter verläfst. Mein Elektroskop behält sehr gut seine Ladung bei einer Divergenz von 30 Millim. Bringe ich diese Divergenz durch Annäherung einer geriebenen Harzfläche hervor, so fallen die Blättchen, sobald jene entfernt ist, wieder ganz zusammen. Es fliefst daher, weder bei dieser Divergenz, noch bei einer schwächeren, Elektricität in die Luft aus. Und dennoch wird das Elektroskop von einer mit dem Conductor der Maschine verbundenen Spitze, auch wenn die Divergenz weit unter 30 Millim. geblieben ist, bleibend elektrisirt. Hier kann daher kein Ausfliefsen der Elektricität aus dem Elektroskope statt gefunden haben; es mufs Elektricität hinzugekommen seyn.

Diese Gründe bestimmen mich, bis ich eines Besseren

belehrt seyn werde, die Ansicht des Herrn Riefs als unrichtig zu betrachten. Ich wende mich nun wieder zu der von mir angenommenen Erklärung, damit ich eine von mir im vorigen Aufsatze nicht gehörig berücksichtigte Einwendung näher betrachte.

Die Geschwindigkeit, womit ein entferntes Elektroskop die Wirkung einer dem Conductor der Maschine aufgesetzten Spitze anzeigt, wird gewifs Jedem, der sich mit diesen Versuchen beschäftigt hat, aufgefallen seyn. Kaum wird die Maschine gedreht, so fangen auch die Goldblättchen zu divergiren an. Entladet man dann schnell den Conductor, so fallen die Blättchen doch nicht ganz zusammen; das Elektroskop hat, wenigstens dem Scheine nach, eine bleibende Ladung erhalten. Ist es nun denkbar, dafs in der kurzen Zeit des Versuches die elektrisirten Lufttheilchen den langen Weg von der Spitze zum Elektroskop zurückgelegt haben?

Obige Einwendung ist wichtig, läfst sich jedoch beseitigen. Aus sogleich anzuführenden Versuchen scheint mir der Vorgang folgender zu seyn.

Wenn der Conductor keine Spitze trägt, kann er nur eine beschränkte Elektricitätsmenge aufnehmen. Sobald dieses geschehen, ist die Erregung der Elektricität gehemmt, da die Scheibe sich derselben nicht entledigen kann. Bei fortgesetzter Drehung entstehen zwar partielle Entladungen zwischen der Scheibe und dem Reibzeuge, allein dadurch wird gerade die überflüssige Elektricität vernichtet und nur ein sehr geringer Theil geht in die Luft über. Wird dagegen der Elektricität mittelst einer aufgesetzten Spitze ein freier Ausflufs gestattet, so wird auch durch die Reibung eine ungleich gröfsere Menge erregt und von der Spitze den Lufttheilchen übergeben. So entsteht ein ununterbrochener Strom elektrisirter Luft, die alsbald durch Influenz auf die nächsten Leiter wirkt. Die Divergenz des Elektroskops ist daher anfänglich eine Influenzwirkung, nicht der Spitze, sondern der elektrisirten Luft; deshalb fallen die Goldblättchen nicht zusammen, wenn der Conductor

entladen wird. Das Elektroskop scheint bleibend geladen, ist aber nur durch Vertheilung elektrisirt. Erst nachdem die sich immer weiter verbreitenden elektrisirten Lufttheilchen das Elektroskop erreicht und auf dieses ihre Elektricität übergetragen haben, tritt eine bleibende Ladung im eigentlichen Sinne ein.

Zur Prüfung dieser Ansicht reicht es hin, das Elektroskop der Influenz der elektrisirten Luft zu entziehen und in einen ganz unelektrischen Raum zu versetzen. Ich habe mehrere Versuche in dieser Absicht angestellt und immer gefunden, dafs die nach der Entladung des Conductors wahrgenommene Divergenz entweder ganz verschwand, oder wenigstens geringer wurde, wenn das Elektroskop aus dem Saale, wo ich die Versuche anstellte, in ein elektricitätsfreies Zimmer gebracht war, dann aber wieder zunahm, wenn es auf die frühere Stelle in den Saal zurückgebracht wurde. Es ist zwar, vieler störenden Umstände wegen, schwierig, bei diesen Versuchen genau vergleichbare numerische Resultate zu erhalten; hinsichtlich des fraglichen Punktes waren sie jedoch so übereinstimmend, dafs ich keinen Zweifel hege, die nach Entladung des Conductors bleibende Divergenz sey kein Beweis, dafs eine wirkliche Ladung des Elektroskopes stattgefunden habe. Beispielsweise gebe ich folgende Versuchsreihen, wobei das Elektroskop 2 Meter von einer verticalen, dem Conductor der Maschine aufgesetzten Spitze entfernt war. In der ersten Reihe wurde das Elektroskop nach einer oder mehreren Umdrehungen der Maschine sogleich ins Nebenzimmer gebracht, daselbst beobachtet, dann wieder in den Saal versetzt. Die anfängliche Divergenz, die stets die gröfsere ist, wurde daher nicht notirt.

Zahl der Umdrehungen:	Divergenz in Millimetern. Nebenz.:	Saal:
1	0	3
2	0	5
3	5	12

Bei der nun folgenden Reihe wurde die Divergenz,

5 Sec. nach geschehener Drehung, im Saale notirt, dann, nach je 20 Sec.; im Nebenzimmer und wieder im Saale:

Zahl der Umdrehungen:	Divergenz. Saal:	Nebenz.:	Saal:
1	8	0	7
2	16	6	14
3	20	10	16
4	25	13	20
5	28	16	24

Nunmehr zu den elektrischen Eigenschaften der Flammen übergehend mufs ich zu allererst bemerken, dafs, obgleich ich mit Herrn Riefs eine gewisse Aehnlichkeit der Volta'schen Erklärung und der meinigen gerne anerkenne, dennoch die Gründe, womit Herr Riefs (Ann. 61, S. 552) jene bestritten hat, diese nicht treffen. Ich bin mit Herrn Riefs ganz einverstanden, dafs der stärkste Luftstrom, gegen einen elektrisirten Körper getrieben, diesem die Elektricität nicht früher zu rauben vermöge, als es dieselbe Luft in Ruhe gethan haben würde. Eben so wenig bedarf ich der Annahme, dafs sich von der Stelle der Flamme ein leitender Raum erstrecke, der eine viel gröfsere Ausdehnung habe als die sichtbare Flamme selbst.

Die am Schlusse meines vorigen Aufsatzes kurz zusammengefafste Erklärung der Flammenwirkung, woran ich auch jetzt nichts zu ändern finde, war folgende: Eine Flamme ist, im Ganzen genommen, als Leiter zu betrachten. In Berührung mit einem elektrisirten Körper oder in der Nähe desselben wird sie durch Mittheilung oder Influenz elektrisch. Ihre in die umgebende Luft hinaustretenden und sich mit dieser vermengenden Bestandtheile hören zwar bei der Abkühlung auf Leiter zu seyn, führen aber die Elektricität, welche sie in der Flamme erhalten haben, mit sich fort; sie stehen in dieser Hinsicht ganz den Lufttheilchen gleich, die in Berührung mit einer Spitze elektrisirt worden sind. — Ich werde jetzt diese Erklärung auf die einzelnen Fälle anwenden und zugleich die von Herrn Riefs gemachten Einwendungen berücksichtigen.

Der einfachste Fall ist der, wo die Flamme mit einem

elektrisirten Leiter in Berührung steht. Die Elektricität des Leiters wird dann der Flamme, d. h. ihren glühenden Bestandtheilen, mitgetheilt und von diesen in die Luft fortgeführt. Die Flamme entladet daher den Leiter allmälig, aber vollkommen, denn wie geringe auch die rückständige Elektricität im Leiter seyn möge, so erhält doch die Flamme fortwährend ihren verhältnifsmäfsigen Theil und trägt ihn in die Luft über, bis der Körper aller Elektricität beraubt ist. Deshalb wirkt die Flamme als eine vollkommene Spitze; alle natürlichen und künstlichen Spitzen hingegen sind unvollkommen, weil sie, sobald die elektrische Dichtigkeit unter eine gewisse Gränze gesunken ist, aufhören der Luft Elektricität mitzutheilen.

Damit meine Ansicht noch deutlicher hervortrete, füge ich folgende Erläuterung hinzu. Eine Spitze befördert das Ausströmen der Elektricität deshalb, weil ihre Dichtigkeit gröfser ist, als die jedes anderen Theiles des mit ihr verbundenen Leiters; die entladende Wirkung der Flamme hingegen ist blofs eine Folge der Beweglichkeit oder Trennbarkeit ihrer Bestandtheile, nicht einer sonstigen eigenthümlichen Beschaffenheit.

Die von einer elektrisirten Flamme aufsteigende Gassäule ist durch ihre ganze Masse elektrisch; denn die Elektricität der Flamme ist, wie die jedes Leiters, an ihrer Oberfläche verbreitet, und es sind gerade die oberflächlichen Theilchen, die sich in jedem Augenblicke von der Flamme entfernen. Sie kann daher unter günstigen Umständen gleich bei ihrem Auftreten eine starke vertheilende Wirkung auf die genäherten Leiter ausüben. Diese Wirkung soll nun betrachtet werden. Herr Riefs findet nämlich (Ann. 71, S. 572) die neue Erklärung ungenügend, wenn man die Flamme auf einen elektrisirten Leiter stellt, und seitlich neben diesem, einige Fufs entfernt, ein Elektroskop aufstellt, das sogleich beim Anzünden der Flamme mit der Elektricität des Leiters divergirt. Zur Prüfung dieser Einwendung stellte ich mehrere Versuche mit verschiedenen Leitern an, deren Ergebnisse ich hier folgen lasse.

Ich elektrisirte eine isolirte metallene Kugel von 10 Centimeter Durchmesser, stellte sie in gewisser Entfernung von einem Elektroskop auf und zündete dann eine kleine auf der Kugel stehende Weingeistlampe an, oder brachte die an eine isolirende Lackstange befestigte Lampe mit dem oberen Theil der Kugel in Berührung. Wenn die Kugel in solcher Entfernung vom Elektroskope war, dafs die Goldblättchen nicht divergirten, wurde auch durch die Flamme nie eine Divergenz hervorgebracht. War dagegen die Kugel mehr genähert, dafs eine Divergenz stattfand, so wurde diese immer durch die angebrachte Flamme geschwächt; die Goldblättchen fielen entweder ganz zusammen, oder sie behielten nach völliger Entladung der Kugel eine Divergenz, die aber weit geringer war, als vor der Wirkung der Flamme. Dieses der Behauptung des Herrn Riefs widerstreitende Ergebnifs stimmt mit meiner Erklärung genau überein. Es war hier eine bestimmte Menge freier Elektricität auf der Kugel vorhanden; die Flamme konnte dieselbe nicht vermehren, sondern nur nach oben in die Luft hintreiben.

Bei einem elektrisirten cylindrischen Leiter von 40 Centimeter Länge, dessen dem Elektroskop zugewandtes Ende 60 Centim. von diesem entfernt war, und der ohne Flamme eine geringe Divergenz hervorbrachte, vermehrte oder verminderte die Flamme sogleich die Divergenz, je nachdem sie am zugewandten oder abgewandten Ende des Leiters angebracht ward. Auch dieses ist natürlich. Die Elektricität des Leiters strömte jedesmal nach der Seite hin, wo die Flamme ihr einen Ausflufs gestattete.

Ich stellte nun eine kleine geladene Leidener Flasche (Eau de Cologne-Flasche) seitwärts vom Elektroskope in solcher Entfernung (1 Meter) auf, dafs keine Divergenz stattfand. Das Ergebnifs des Versuches war diesmal mit dem von Herrn Riefs angezeigten übereinstimmend. So wie die Flamme an die Kugel der Flasche gebracht war, trat die Divergenz ein. Hier war aber nicht, wie im ersten Versuche, eine bestimmte Menge Elektricität, die durch die Flamme fortgeführt wurde, sondern diese entlud die Flasche

und führte die ganze Menge gebundener, d. h. früher durch die entgegengesetzte Elektricität der äufseren Belegung in ihrer Wirkung neutralisirter Elektricität der Flasche in die Luft hinaus.

Kaum brauche ich noch den bekannten Versuch hinzuzufügen, wo eine auf den Conductor der Maschine gestellte Flamme ein beim Drehen bisher unbewegtes Elektroskop sogleich zur Divergenz bringt. Die Wirkung der Flamme ist hier der schon oben erläuterten Wirkung der Spitzen ähnlich; wie diese, verschafft sie der Elektricität einen freien Ausflufs in die Luft, sie wirkt aber weit kräftiger wegen ihres vollkommenen Entladungsvermögens.

Zum Ueberflusse gebe ich noch folgende Versuchsreihe an, womit ich zu entscheiden beabsichtigte, ob die sogleich nach der Elektricirung einer Flamme eintretende Divergenz eines entfernten Elektroskopes, meiner Erklärung zufolge, eine augenblickliche Ueberführung der elektrisirten Gastheilchen zum Elektroskope erfordere. Eine angezündete Weingeistlampe stand auf dem Ende eines 66 Centim. langen, gut isolirten metallenen Lineals; ihr gegenüber, in 2 Meter Entfernung, das Elektroskop. Die Flamme wurde in jedem Versuche durch eine kleine Leidener Flasche elektrisirt, welche eine bestimmte Anzahl Secunden mit dem abgewandten Ende des Lineals in Berührung gebracht wurde. Beim Zurückziehen der Flasche wurde die Divergenz des Elektroskopes sogleich notirt, dieses dann in das Nebenzimmer und zurück in den Saal gebracht und an beiden Stellen die Divergenz wieder beobachtet.

Dauer der Berührung:	Divergenz in Millim. Saal:	Nebenz.:	Saal:
1 Sec.	5	0	3
2 -	7	0	4
4 -	8	0	5
10 -	11	3	8

Es ergiebt sich unzweideutig aus diesen Zahlen, dafs die anfängliche Divergenz blofs eine Influenzwirkung der aus der Flamme aufsteigenden elektrisirten Gase war, weshalb

es wenigstens sehr wahrscheinlich wird, das Elektroskop nehme keine wirkliche Ladung an, bevor es von den sich bald zur Seite verbreitenden Gasen erreicht worden ist.

Ich gehe jetzt zu dem Falle über, wo eine nicht elektrisirte Flamme einem elektrisirten Körper genähert ist, und werde, der Kürze wegen, sogleich den mir von Hrn. Riefs vorgehaltenen Versuch betrachten. »Man denke sich ein »Elektroskop mit einer wenige Linien hohen Flamme ver»sehen, und über demselben in der Höhe von 6 Fuſs eine »geriebene Harzfläche. Vor dem Anzünden der Flamme »bleibt das Elektroskop unbewegt, aber beim Anzünden »derselben gehen die Goldblättchen sogleich mit negativer »Elektricität aus einander und bleiben so, wenn man die »Flamme löscht.« (Ann. 71, S. 571.)

Die Erklärung dieses Versuches scheint mir ganz einfach. Die Harzfläche erzeugt durch Influenz eine Vertheilung der neutralen Elektricität im Elektroskop; positive Elektricität häuft sich am oberen Ende, negative in den Goldblättchen an. Allein wegen der groſsen Entfernung der Harzfläche kann die Anhäufung der geschiedenen, aber stets nach Vereinigung strebenden Elektricitäten nur geringe seyn; sie ist nicht genügend die Goldblättchen zur Divergenz zu bringen. Sobald aber durch die angezündete Flamme der positiven Elektricität des oberen Theils ein freier Abfluſs gestattet ist, kann die negative Elektricität sich in den Goldblättchen mehr und mehr anhäufen und ihre Divergenz hervorbringen. Daſs die negative Ladung des Elektroskops nach Löschung der Flamme bleiben müsse, geht aus dem Gesagten von selbst hervor.

Herr Riefs fährt fort: »Eine Spitze wird durch eine »aufgesetzte Metallröhre gänzlich unwirksam, aber eine »Flamme wird es nicht, wenn auch der leuchtende Theil »derselben von der Röhre weit überragt wird.« Die aufgesetzte Röhre schwächt die elektrische Dichtigkeit sowohl der Flamme als der Spitze. Letztere wird ganz unwirksam, sobald ihre Dichtigkeit bis unter den zum Ausflieſsen der Elektricität erforderten Grad gefallen ist; die Flamme bleibt

wirksam, so lange die Harzfläche durch Influenz auch nur die geringste Spur positiver Elektricität zu ihr hinaufzieht. Nähme man mit Herrn Riefs (Ann. 71, S. 570) an, der Wasserdampf sey einige Zoll über der Flamme noch kein vollkommener Isolator, so wäre die Erklärung bei sehr hervorragenden Röhren noch leichter; denn die mit Wasserdampf geschwängerte Gassäule würde dann beim Anschlagen an den oberen Rand der Röhre die daselbst durch Influenz angehäufte positive Elektricität aufnehmen und in die Luft fortführen.

Die merkwürdige Wirkung der Flamme, wenn sie von elektrisirter Luft umgeben ist, verdient noch eine kurze Erwähnung. In einem Zimmer, wo durch vorhergehende Versuche Elektricität in die Luft eingetreten ist, fangen die Goldblättchen eines Elektroskops, dem eine Flamme aufgesetzt wird, sogleich zu divergiren an, und behalten nach Löschung der Flamme ihre Divergenz. Ein mit einer Flamme versehenes Elektroskop ist das empfindlichste Mittel, den elektrischen Zustand der umgebenden Luft zu erkennen. Jedes andere Mittel, insbesondere die Spitzen, stehen dabei weit zurück. Auch dieses ist leicht erklärlich. Auf eine Spitze wirkt die elektrisirte Luft, besondere Fälle ausgenommen, nur durch Influenz; in die Flamme hingegen dringt sie, zur Unterhaltung der Verbrennung, fortwährend hinein, und theilt den Flammentheilchen und mittelst dieser dem metallischen Theile des Elektroskops fortwährend ihre Elektricität mit, bis das elektrische Gleichgewicht zwischen dem Elektroskope und der umgebenden Luft eingetreten ist.

Am Schlusse seines kritischen Aufsatzes behauptet Herr Riefs: meine Erklärung gebe von der Wirkung der Flamme in ihrer wichtigsten Anwendung zur Erforschung der atmosphärischen Elektricität keine Rechenschaft. Auch diese Behauptung halte ich für ungegründet. Es ist gar nicht meine Absicht, in das dunkle Gebiet der atmosphärischen Elektricität tief einzugehen. Es genüge daher zu bemerken, dafs diese sich unserer Wahrnehmung in zweierlei Zuständen darbietet; entweder ist sie in der Atmosphäre zerstreut,

oder in der elektrischen Wolke angehäuft. In diesem Falle wirkt die Wolke auf das mit einer Flamme versehene Elektroskop, wie jeder andere elektrisirte Körper; in jenem erleidet das Elektroskop dieselbe Wirkung, die es von der in einem Zimmer befindlichen elektrisirten Luft empfindet. Die hinsichtlich beider Fälle gegebenen Erörterungen finden daher auch hier ihre Anwendung.

Utrecht, den 9ten September 1847.

IV. *Versuche über die abstofsende Wirkung eines Magnetpoles auf unmagnetische Körper; vom Prof. Reich in Freiberg.*

(Aus den Berichten über d. Verhandl. d. K. Sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Leipzig; Sitzung vom 18. Mai 1847.)

Die Abstofsung, welche nach Faraday's vor Kurzem angestellten Beobachtungen zwischen einem Magnetpole und jedem des Magnetismus nicht fähigen (diamagnetischen) Körper, wie es scheint mit Ausnahme der Luft, stattfindet, scheint mir eine so überraschende und neue Kraftäufserung, dafs vielleicht einige Beobachtungen darüber der Erwähnung nicht unwerth sind, wenn sie auch nur das von Faraday Gefundene bestätigen, aber diese Abstofsung leichter und unmittelbarer wahrnehmen liefsen.

Das Mittel zu diesen Beobachtungen gewährte mir die zu Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde aufgestellte Drehwaage. An einem starken, eisernen, an einer massiven Mauer befestigten Arme hängt vermittelst eines Kupferdrahtes ein horizontaler hölzerner Arm von 2 Meter Länge und an jedem Ende desselben mittelst feiner Drähte eine Metallkugel. Das Ganze ist in einem hölzernen Gehäuse, das aber nirgends mit der Drehwaage in Berührung ist, eingeschlossen. Der Arm trägt einen Spiegel, in welchem mit einem Fernrohre an einer entfernten Scale die

Stellung des Armes beobachtet wird. Die Kraft, welche dazu gehört, um den Arm um eine gewisse Gröfse von seiner Ruhelage abzulenken, ergiebt sich aus Folgendem, woraus auch die sehr grofse Empfindlichkeit des Apparates hervorgeht.

Die auf den Mittelpunkt einer der beiden Kugeln reducirte Masse des ganzen beweglichen Theiles der Drehwaage ist $= q =$ 1031560 Milligramme. Die Entfernung des Mittelpunktes einer Kugel von der Umdrehungsaxe ist $= r =$ 10005 Millimeter. Die horizontale Entfernung des Spiegels von der in Millimeter getheilten Scale ist $= \mu = 42827^{mm}$; setzt man daher die Ablenkung der Kugel von ihrer Ruhelage $= A$ Millimeter;

die dieser Ablenkung entsprechende Anzahl von Scalentheilen $= B$ Millimeter; so ist

$$A = \frac{r}{2\mu} B = \frac{10005}{85654} B$$

und die Kraft, welche die Kugel um A Millimeter bei einer Schwingungsdauer $= N$ von der Ruhelage ablenkt,

$$\frac{q . A}{N^2 l} = \frac{r . q . B}{2\mu . N^2 . l}.$$

Wenn der Arm ohne äufsere Einwirkung auf die Kugeln schwingt, so ist N ziemlich $=350$ Secunden, was eine ablenkende Kraft von 0,00098956 B Milligrammen giebt. Es wird aber B bis auf Zehntel, also die Kraft bis auf 0,0001 Milligramme geschätzt.

Zuerst versuchte ich die Einwirkung von Magneten auf eine der zu den Dichtigkeitsbestimmungen gebrauchten Kugeln, die aus Zinn mit 10 Proc. Wismuth und etwa 2 Proc. Blei bestehen. Dem Gehäuse horizontal neben einer Kugel genäherte Magnetstäbe brachten eine sehr deutliche Abstofsung hervor, und zwar sowohl wenn der Nord-, als auch wenn der Südpol genähert wurde. — Wenn man aber von mehreren gleichen Stäben die Hälfte mit dem Nord- und die Hälfte mit dem Südpole näherte, so war keine oder nur eine unbedeutende, von der Ungleichheit der angewendeten Magnete herrührende Wirkung wahrzunehmen. Eben so

unwirksam war ein mit beiden Polen genäherter Hufeisenmagnet. — Ein vierpfündiger Magnetstab, zu einem Magnetometer gehörig, wurde bis ans Gehäuse der südlichen Kugel gegenüber von Ost genähert. Der Arm stand vorher auf 41,50 der Scale; — der genäherte Nordpol brachte ihn auf 53,14; der Südpol dann auf 55,45, und der Nordpol wieder auf 54,05. Nach entfernten Magneten erhielt man die Ruhelage 42,80. Nimmt man aus der ersten und letzten Ruhelage bei entfernten Magneten, eben so bei genähertem Nordpol das Mittel, so erhält man

Abstofsung durch den Nordpol 11,445 Scalentheile,
- - - Südpol 13,300 -

Die Differenz mag in unsymmetrischer Vertheilung des Magnetismus in dem Stabe ihren Grund haben.

Bekanntlich ist die abstofsende Wirkung eines Magneten auf Wismuth wahrgenommen worden; ich liefs mir deshalb eine Kugel aus reinem Wismuth von demselben Gewichte machen, und hing sie an die Stelle der bisher gebrauchten am Südende des Armes der Drehwaage auf.

Es wurde die Ruhelage des Armes beobachtet bei
entferntem Magnet vorher 11,200
nachher 9,775
im Mittel 10,488 mit 350,5" Schwingungsd.
der Nordpol
bis zum Gehäuse genähert 69,250 - 280,8 -
um 10^{mm} entfernt 43,670 - 307,4 -
- 30^{mm} - 21,205 - 333,7 -

Das giebt

Entfernung der Ruhelage von dem Nullpunkt.		Beobachtete Abstofsung.		Entfernung des Magnetpoles von dem Mittelpunkte der Wirkung in der Kugel. mm.	Schwingungsdauer.	Abstofsende Kraft. mgr.	
Scalentheile.	mm.	Scalentheile. B	mm. A		Secund.	Beobachtet.	Berechnet.
10,488	1,2223	0	0	∞	350,5	0	0
69.250	8,0889	58,762	6,8666	$x+8,0889$	280,8	0,09038	0,09038
43,670	5,1010	33,182	3,8787	$x+15,1010$	307,4	0,04260	0,04084
21,205	2,4769	10,717	1,2546	$x+32,4769$	333,7	0,01169	0,01042

Die letzte Columne ist unter der Annahme berechnet, dafs x, d. h. die Entfernung des an dem Gehäuse anliegenden Magnetpoles von dem Mittelpunkte der Wirkung in der Kugel für den Stand des Armes auf dem Nullpunkte, $=15{,}04^{mm}$ sey, — und dafs die abstofsende Kraft im umgekehrten Verhältnisse der *dritten* Potenz der Entfernung wirke. Die Differenzen übersteigen die möglichen Beobachtungsfehler nicht.

Mit der Entfernung 15^{mm} von der Oberfläche des Gehäuses erreicht man aber beim Stand des Armes auf 0 der Scale kaum die Oberfläche der Kugel, was dahin deuten würde, dafs die Hauptwirkung auf die zunächstliegende Oberfläche der Kugel stattfindet.

Eine zweite Beobachtung gab für

	mm
den am Gehäuse anliegenden Magnet eine Abstofsung von	7,388
- um 10^{mm} vom Geh. entfernt. Magn. eine Abst. von	4,365
- - 20^{mm} - - - - - - -	2,641
- - 30^{mm} - - - - - - -	1,628
- - 40^{mm} - - - - - - -	0,856

Da jedoch die gleichzeitigen Schwingungszeiten nicht beobachtet wurden, so läfst sich daraus die jedes Mal wirkende abstofsende Kraft nicht berechnen. Dafs übrigens dieses Mal die Wirkung gröfser gefunden wurde, erklärt sich daraus, dafs die Ruhelage des Armes bei entferntem Magnet im Mittel bei 0,994 der Scale war, anstatt dafs sie bei der ersten Versuchsreihe bei 10,488 beobachtet wurde, so dafs also die Entfernungen dieses Mal kleiner waren als das erste Mal.

Eine dritte Versuchsreihe wurde vorgenommen, nachdem die Wismuthkugel an das Nordende des Armes gehängt worden war; hier näherte sich dieselbe dem Gehäuse weniger als vorher auf der Südseite, wie sich auch im Folgenden aus der Bestimmung von x ergiebt.

Die Beobachtungen gaben unmittelbar

	Ruhelage in Scalentheilen:	Schwingungsdauer Secunden:
Bei entferntem Magnet	72,6229	349,46
Magnet bis zum Gehäuse genähert	33,2583	301,59
- um 10^{mm} entfernt	50,1167	323,75
- - 20^{mm} -	58,46875	336,56
- - 30^{mm} -	63,73125	342,44

Daraus erhält man

Entfernung der Ruhelage von dem Stand auf 100.		Beobachtete Abstofsung.		Entfernung des Magnetpoles von dem Mittelpunkte der Wirkung in der Kugel. mm.	Schwingungsdauer.	Abstofsende Kraft. mgr.	
Scalentheile.	mm.	Scalentheile. B	mm. A		Secund.	Beobachtet.	Berechnet.
27,3771	3,1978	0	0	∞	349,46	0	0
66,7417	7,7959	39,5646	4,5981	$x+ 7,7959$	301,59	0,05246	0,05246
49,8833	5,8267	22,5062	2,6289	$x+15,8267$	323,75	0,02603	0,02719
41,53125	4,8511	14,15415	1,6533	$x+24,8511$	336,56	0,01515	0,01494
36,26875	4,2364	8,89165	1,0386	$x+34,2364$	342,44	0,00919	0,00890

Die drei letzten Werthe der letzten Columnen sind aus dem zweiten mit der Annahme berechnet, dafs $x=25^{mm}$, und die Wirkung umgekehrt wie die dritte Potenz der Entfernung sich verhalte. — Mit dieser Annahme trifft man immer wieder ungefähr auf die Oberfläche der Wismuthkugel.

Obwohl die berechneten Werthe genügend mit der Beobachtung übereinstimmen, halte ich doch die Versuche keineswegs für hinreichend, die beiden daraus zu folgernden Sätze, dafs

1) die abstofsende Wirkung vorzugsweise auf die zugewendete Oberfläche des diamagnetischen Körpers wirke, und

2) dafs diese Abstofsung abnehme, wie die dritte Potenz der Entfernung des Magnetpoles zunimmt,

darauf zu gründen. Einmal sind die Versuche nicht zahlreich genug und bedürfen noch abgeänderter Wiederholungen. Dann aber ist darauf aufmerksam zu machen, dafs die Kugel in einem cylindrischen hölzernen Gehäuse sich befand, das

das inwendig und auswendig mit Stanniol überkleidet ist. Liegt aber die Ursache der abstofsenden Wirkung in einer Induction, vielleicht von elektrischen Strömen, welche der Magnetpol in oder auf der Kugel erregt, so ist sehr wahrscheinlich, dafs er auch ähnliche Induction auf den Stanniolüberzug oder auch das Holz des Gehäuses ausübt, dafs aber dann diese wieder auf die Kugel wirkt und so die Gesammtwirkung complicirt.

V. *Experimentelle Bestimmung des (optischen) Drehvermögens einer grofsen Anzahl durchsichtiger Verbindungen unter magnetischem Einflufs; von Hrn. A. Matthiessen aus Altona.*

(*Compt. rend. T. XXIV. p.* 969.)

Die Resultate dieser Abhandlung sind folgende:

1. Unter 220 zu Parallelepipeden geschnittenen und auf allen Seiten polirten Glasarten, geben 23, welche ich die Ehre habe, der Academie vorzulegen, zwischen den Polen eines Elektromagneten, eine stärkere Drehung der Polarisationsebene als das schwere Faraday'sche Glas, $SiO_3.2BO_3.3PbO$. Meine reinen Bleisilicate $SiO_3.6PbO$ und $SiO_3.4PbO$ geben eine mehr als doppelt so grofse Wirkung als das Borosilicat von Blei, welches bisher als die wirksamste Substanz bekannt war. In kurzem werde ich die Liste dieser 23 glasigen Verbindungen mittheilen.

2. Nur drei von ihnen widerstehen dem Einflusse der Atmosphäre, nämlich ein kobalthaltiges Flintglas, ein an Thonerde reiches Silico-Aluminat von Bleioxyd und Kali, und ein alkalifreies aber kieselreiches Silico-Aluminat von Bleioxyd. Alle übrigen laufen an der Luft rasch an, wie das Faraday'sche Borosilicat, welches zu mikroskopischen Objectiven zwar sehr schöne, aber vergängliche Dienste

geleistet hat. Die Silico-Aluminate von Blei verdienen aus mehren Rücksichten das Flintglas der Optiker zu werden.

3. Man erhöht die Drehung, wenn man wirksame Glascylinder in die Axen hohler Magnete steckt, und dabei die Pole fast in Berührung bringt.

4. *Einfluſs der chemischen Zusammensetzung auf das Drehvermögen der Gläser.* — Die Silicate und vielleicht die Chloride stehen in Bezug auf Empfindlichkeit im ersten Rang. Dann kommen, in abnehmender Ordnung, die Aluminate, Silico-Aluminate, Bismuthite, Arsenite, Borate, Sulfüre, Borosilicate, Oxysulfüre und Phosphate. Die von mir untersuchten Fluorüre sind unempfindlich.

5. Bleioxyd ist die Base, welche am kräftigsten auf das polarisirte Licht wirkt; dann kommen die Oxyde von Wismuth, Antimon, Zink, Quecksilber und Silber.

6. Die verglasbaren Salze vom Eisen, Kobalt und Nickel sind dermaſsen undurchsichtig, daſs man sie nur bei $0^{mm},1$ bis $0^{mm},5$ Dicke untersuchen kann; und selbst die empfindlichsten Gläser geben in so dünnen Blättchen wenig Wirkung. Die Drehung ist indeſs in den Gläsern mit magnetischer Base sichtbar, und vielleicht gäben sie mehr Wirkung als alle übrigen, wenn ihre dunkle Farbe dieſs beobachten lieſse.

7. Die Gegenwart von Bittererde, Strontian und Baryt in den Verbindungen bewirkt keinen wahrnehmbaren Unterschied.

8. Die in der Paste mit Gold, Kupfer, Uran, Chrom und Mangan gefärbten Gläser scheinen ein kaum merklich anderes Drehvermögen zu besitzen als ohne diesen Zusatz. (Siehe den Vorbehalt für das Uran und Kupfer im §. 13.)

9. Kalk, Natron und Kali verringern das Drehvermögen der Gläser; eben so Kienruſs, wenn er die Glaspaste gelb oder braun färbt.

10. Geschmolzene Phosphorsäure, Quarz (*silex*), Achat Fluſsspath lassen keine Wirkung des magnetischen Fluidums wahrnehmen. Es ist mir nicht gelungen, geschmolzene Borsäure hinlänglich durchsichtig zu erhalten.

11. *Einflufs der Zusammensetzung der Gläser auf die Dicke, bei welcher sie den gröfsten Effect geben.* — Ist Eisen, Kobalt oder Nickel in so kleiner Menge in einem Glase, dafs es hinreichend durchsichtig bleibt, so nimmt die Drehung allmälig zu mit der Glasdicke, bis 83 Millimeter, was die gröfste gegenseitige Entfernung ist, die ich den Polen meines Apparats geben konnte; während die Gläser ohne magnetisches Metall und zugleich ohne Borsäure, ohne Natron und Kali, das Maximum der Wirkung bei einer viel geringeren, von 14 bis 26 Millimeter schwankenden Dicke geben. Ein durch 6 Bunsen'sche Elemente belebter Elektromagnet, der mit einem seiner verticalen Pole 25 Kilogrm. zu tragen vermag, bewirkt in einem meiner besten Bleisilicate bei 15 Millimeter Dicke eine Drehung von 20°, und bei 40 Millimeter keine, während unter demselben magnetischen Einflufs das Faraday'sche Glas bei 15 Millim. 4°, und bei 40 Millim. 9° giebt.

12. Die Gegenwart von Borsäure oder einem Alcali erhöht auch in den Gläsern den Durchgang der Drehung (*la transmission de la rotation*), die von den im §. 5 genannten Basen bewirkt wird; dagegen verringert sie ihre Empfindlichkeit, während die magnetischen Metalle sie erhöhen. Man darf in den Worten *Empfindlichkeit, Durchgang* (*transmission*) und *Leitungsfähigkeit* keine theoretische Deduction erblicken, sondern nur Abkürzungen, um zwei Modificationen einer und derselben drehenden Wirkung auszudrücken, die den Endeffect verändern. Ein wenig empfindliches, aber gut leitendes Glas kann eine gröfsere Drehung bewirken, als ein sehr empfindliches und schlecht leitendes, weil das erstere erlaubt, seine nützliche Dicke fast unendlich zu vergröfsern.

13. Uran und Kupfer verringern die Leitungsfähigkeit der Gläser, die es enthalten.

14. *Einflufs der Krystallisation auf das Drehvermögen durchsichtiger Solida.* — Unter wohl hundert krystallisirten Körpern, die ich bisher untersuchen konnte, ist blofs ein einziger empfindlich für Magnetismus, nämlich das *Steinsalz*,

dessen Maximumdicke 26 Millimeter ist. Die von demselben bewirkte Drehung ist bedeutend, fast so grofs wie die des Faraday'schen Glases. Diefs ist um so merkwürdiger, als Krystalle von Quecksilberchlorid, von kohlen- und von chromsaurem Bleioxyd unwirksam sind. Würden andere durchsichtige krystallisirte Verbindungen eine Wirkung geben? Mehrere angeschliffene Flufsspathe gaben keine, aber vielleicht rührte diefs blofs von der Unempfindlichkeit des Fluors und des Calciums her.

15. *Anziehende Wirkung eines Pols auf die glasigen oder krystallisirten Körper.* — Alle starren Körper mit Gehalt eines magnetischen Körpers, z. B. das gewöhnliche Bouteillenglas, werden bedeutend vom Magnet angezogen, besonders eisenhaltige Krystalle, wie Spinelle und Granate. Smirgel verhält sich zum Pole wie Eisenfeilicht.

16. Durch die Anziehung kann man in einem kleinen Stück von Glas oder einer anderen Substanz jede Spur eines magnetischen Metalls entdecken. Man klebe es mittelst weifsen Wachses an einen gebleichten Seidenfaden und hänge es neben dem nicht magnetisirten Pol, etwa ein Viertelmillimeter davon. So wie man einen starken elektrischen Strom herstellt, wird das Stückchen angezogen; dagegen bleibt es unbeweglich, so wie es kein magnetisches Metall enthält. Man mufs sorgfältig darauf achten, ein von Rost, Eisenfeilicht und Staub vollkommen freies Wachs anzuwenden.

17. *Einflufs der Stärke des Magneten auf die Thätigkeit des Glases.* — Eine kleine Anzahl stark erregter Elemente erhöht das Drehvermögen der Phosphate und der Gläser mit Gehalt an magnetischem Metall; eine grofse Anzahl erhöht auch die der alkalischen Gläser.

18. Im Allgemeinen ist es zweckmäfsig, zu den Versuchen eine Bunsen'sche Batterie von 50 Elemente zu nehmen, so schwach geladen, dafs sie dem weichen Hufeisen eine Anziehungskraft wie die im §. 11 beschriebene giebt.

Beiläufig bemerke ich, dafs man ein schönes elektrisches Licht hervorbringt, wenn man einen gewöhnlichen Bleistift

in die Hand nimmt und seine Spitze zwischen die beiden sehr genäherten Elektroden hält. Durch Brillen von gelbem und grünem Glase schützt man die Augen wirksam; ich werde künftig meine Gedanken über die Vorzüglichkeit dieser Gläser entwickeln.

19. *Reaction der Härtung (trempe) unter magnetischem Einflufs.* — Die Härtung hat wenig Einflufs auf das natürliche Licht. Der Optikus bemerkt kaum, ob die Gläser seiner Fernröhre gut gehärtet (gekühlt) sind; ihm genügt die vollkommene Homogenität des Glases, weil er Brennpunkte und nicht Farben erhalten will.

Handelt es sich, wie hier, um polarisirtes Licht, um Messungen von Drehungen der Polarisationsebene, so ist die strenge Homogenität von secundärer Wichtigkeit, während die (sehr schwer zu erhaltende) völlige Abwesenheit der Härtung von primärer wird, weil selbst der schwächste Grad von Härtung die Polarisationsebene nicht blofs dreht, sondern auch die Drehung unter magnetischem Einflufs bedeutend verringert.

20. Die zufällige Härtung des Glases modificirt sich in *plus* oder *minus* durch Wirkung der Magnetpole, meistens vorübergehend, zuweilen aber bleibend. Ich habe die Regeln zum Auftreten dieser Erscheinung noch nicht feststellen können. Plötzliche Unterbrechung und Widerherstellung des Magnetismus, eben so eine Umkehrung der Magnetpole, erzeugt hervortretendere Wirkungen als anhaltender Magnetismus. Gewöhnlich verringern magnetische Stöfse die Härtung der Gläser beim Versuch, und verstärken folglich die Drehung der Polarisationsebene. Die Gläser mit Gehalt an Thonerde und Borsäure zeigen diese Erscheinung entscheidender als die übrigen. Das Faraday'sche Borosilicat z. B. vergröfsert, wenn es schwach gehärtet ist, sein Drehvermögen nach mehreren Stöfsen, um nach der Ruhe den Anwuchs wieder zu verlieren. Die Gläser mit Gehalt an magnetischem Metall oder Wismuth verlieren beim Versuch an Härte.

21. Einige Gläser reagiren indefs nicht so einfach. Ein

sehr basisches meiner Bleisalze giebt anfangs 18° Drehung; drei oder vier Polwechsel bringen sie auf 20°; noch einige Stöfse, und sie kommt auf 18° zurück; eine gröfsere Zahl von Umkehrungen bringt sie hierauf auf 15° und selbst auf 14° herab. Nach einer viertelstündigen Ruhe kann man dieselben Operationen mit demselben Erfolg wiederholen.

22. Ich glaube bemerkt zu haben, dafs Gläser ohne Härtung durch einige dutzend Male wiederholte magnetische Stöfse eine bleibende Härtung erlangen können. Wismuthhaltige Gläser sind in diesem Fall.

23. Es giebt vollständig enthärtete Gläser, die ohne Härtung durch die Stöfse zu bekommen, durch die ersten Stöfse, die sie empfangen, eine Veränderung in ihrem Drehvermögen erleiden. Diese Veränderung verweilt mehrere Tage hindurch. Eins meiner Blei-Silico-Bismuthite, das beim ersten Versuch empfindlicher ist als das Faraday'sche Glas, verliert bald und auf lange Zeit die Hälfte seines Drehvermögens. Ein optisches Glas von St. Gobain dagegen, welches nach den ersten Stöfsen nur 1° Drehung zeigt, giebt hernach $1\frac{1}{2}$ bis 2°.

24. Leicht unterscheidet man den Einflufs der Härtung von dem eignen Drehvermögen dadurch, dafs die Härtung die Polarisationsebene ohne Dazwischenkunft des Magnets dreht, während ein Glas ohne Härtung sie nur durch magnetischen Einflufs dreht. Es folgt daraus, dafs die Polarisationsebene, welche nach dem Durchgang durch ein gehärtetes Glas zum Zerleger gelangt, bei Wiederholung des Versuchs um 2° bis 4° variiren kann.

25. Nach dem Gufs erweichte Gläser haben zuweilen von ihrer ursprünglichen Emfindlichkeit bis ein Viertel verloren, selbst ohne gehärtet gewesen zu seyn.

VI. *Studium der drehenden Wirkungen der Pole eines Magneten auf durchsichtige starre Körper; von Hrn. A. Matthiessen aus Altona.*

(*Compt. rend. T. XXV, p.* 20.)

Die Resultate dieser Abhandlung sind folgende:

26. *Einfluſs des Abstands der Pole auf die Drehung.* — Bei den im vorhergehenden Aufsatz erwähnten Messungen der Drehung der Polarisationsebene, wurden die beiden Pole des Magnets stets mit den Gläsern in Contact gehalten. Es gelang mir dadurch, die Dicke zu ermitteln, welche das Maximum der Wirkung giebt.

Bei einer anderen Reihe von Versuchen befestigte ich die Pole constant in einem Abstand von 83 Millimetern, und brachte bei diesem Abstand successive dieselben Gläser an. Ich beobachtete dann, daſs die Drehung abnimmt von einem gewissen Grade des Abstandes an, und diese Verringerung schneller ist als die Abnahme der Dicke der Gläser; so daſs das Quadrat dieser Relation, multiplicirt mit dem Ueberschuſs des Abstandes über die Dicke des Glases, ein beinahe constantes Verhältniſs giebt mit den Drehungen, welche dieselben Dicken in Contact mit den Magnetpolen geben würden.

27. *Einfluſs der Berührung zwischen den Polen und Gläsern.* — Das Maximum des Effects findet bei absoluter Berührung statt. So giebt eine 39 Millimeter dicke Platte meines kobalthaltigen Flintglases, zwischen die 40 Millim. von einanderstehenden Pole gebracht, eine Drehung von $9^{\circ}\frac{1}{2}$; wenn ich die Oberfläche des Glases mit einem der Pole in Berührung bringe, ohne an deren gegenseitigen Abstand im Geringsten etwas zu ändern, beträgt sie nur 9°, und wenn ich die Pole einander bis zur Berührung beider Enden des Glases nähere, sinkt sie auf $8^{\circ}\frac{3}{4}$. Es scheint demnach, als ginge bei der Berührung ein Theil des Magnetismus frei durch die leitenden Gläser ohne eine Drehung zu bewirken.

Die sehr empfindlichen, aber schlecht leitenden Gläser scheinen dieselbe Erscheinung, aber auf eine kaum wahrnehmbare Weise zu geben.

Ich ziehe vor, den Axen des Elektromagnets eine senkrechte Stellung zu verleihen, und seinen unteren Pol mit einem ringförmigen Objectträger mit einem mikrometrischen Spielraum von 1 Millim. zu umgeben, so dafs man die Berührung des Pols mit der zu untersuchenden Substanz nach Belieben herstellen und unterbrechen kann. Diese Einrichtung ist besonders nützlich beim Studium der Flüssigkeiten, das ich bereits begonnen habe.

28. *Einflufs der Vervielfältigung der Oberflächen.* — Sechs auf einander gelegte Platten von gleichem Glase, die zusammen eben so dick waren wie ein anderes einziges Stück von demselben Glase, gaben eine geringere Drehung als dieses, fast im Verhältnifs 11 zu 13. Dieselben sechs Platten, mit Canadabalsam zusammengeklebt, wirkten dagegen fast so kräftig wie das Stück.

29. Unter den Gläsern meiner zahlreichen Sammlung giebt es welche, bei denen Schichten von ungleicher Dichtigkeit in einer etwas schiefen und gekrümmten Richtung laufen. Diese geben die stärkste oder schwächste Drehung, je nach der unteren Lage dieser Schichten, nicht nach dem Zustand der Oberflächen.

30. Die Oberflächen bewirken also keine Drehung, vielmehr verringern sie dieselben. Wenn die Oberflächen diese Erscheinung bewirkten, wie liefse es sich erklären, dafs wirksame Gläser, welche viel Natron und Kali enthalten, eine Drehung von 0°,5 geben, bei einer Dicke von 0,5 Millim., bei welcher die Kraft der damit in Berührung stehenden Pole sie zerdrücken würde, während ein Parallelepipedum von 50 Millim. Dicke, ungeachtet des grofsen Abstandes der Pole, eine Drehung von 12° giebt.

31. Die Abnahme des Drehvermögens, welche bei lothrechtem Einfall der polarisirenden Strahlen durch Vervielfältigung der Flächen bewirkt wird, findet sie auch noch in gleicher Weise statt bei schiefem Einfall?

Ich konnte die Axe eines der Pole meines Elektromagneten in allen Azimuten zwischen 0° und 90° gegen die andere befestigen, konnte also polarisirtes Licht zum Zerleger gelangen lassen, welches durch ein Prisma gebrochen worden.

Meine im Bureau der Academie niedergelegte Sammlung von Parallelepipeden ist begleitet von 102 Prismen, unter denen Reihen von Prismen mit kleinen Winkeln aus gleichem Glase befindlich sind.

Ich brachte zwischen die Pole des Magnets eine solche Anzahl dieser kleinen Prismen, dafs ihre Brechungen zusammengenommen derjenigen gleich ward, welche ein einziges grofses Prisma von demselben Material bewirkte. Ich vereinigte hierauf die kleinen Prismen durch Canadabalsam und versicherte mich, dafs das Verhältnifs der Abnahme der Drehung dasselbe war, wie im Versuch 28, wo der Strahl nicht von der geraden Linie abwich.

32. *Einflufs der Neigung der Magnetaxen auf das Drehvermögen der Gläser.* — Eine Reihe von Prismen aus gleichem Glase giebt Drehungen, die mit wachsender Ablenkung des Lichtstrahls rasch abnehmen. Die genaue Messung wird schwierig bei Prismen mit grofsen Winkeln, weil die verschiedenen Glasdicken, welche die verschiedenen Theile des polarisirten Lichtbündels in einem Prisma zu durchlaufen haben, eben so verschiedene Relationen veranlassen. Einen Theil dieser Schwierigkeit habe ich entfernt, indem ich für die Prismen die Dicke wählte, welche beinahe den Maximumeffect gab, weil um dieses Maximum herum, der drehende Effect wenig variirt; ich benutzte auch nur eine kleine Portion von der Breite der Prismen. Die oftmals mit diesen Vorsichtsmafsregeln wiederholten Messungen erlauben mir zu behaupten, dafs die Drehung der Polarisationsebene näherungsweise abnimmt wie der quadrirte Cosinus vom Ablenkungswinkel des Lichtstrahls; ein Resultat, welches überraschen würde, wenn man die Wirkung eines Magnetpols als gleichförmig rings um seinen Mittelpunkt betrachten wollte.

33. Man kann ein gutes Spectrum erhalten, wenn man

wie eben gesagt experimentirt; allein die Striche zeigen sich noch deutlicher, wenn man eine Spalte vor dem Zerleger anbringt, ein sehr wirksames Glas von Maximumdicke zwischen die Pole, und eines meiner Linsenprismen [1]) vor das Auge stellt. Eine Magnetkraft, fähig 50 Kilogrm. mit dem einen Magnetpol zu heben, bewirkt keine wahrnehmbare Aenderung in der Lage der Striche des Spectrums. Die Brechungsindexe werden also durch den magnetischen Einfluſs nicht merkbar verändert, wenn das polarisirte Licht das Glas parallel mit der Richtung der Magnetpole durchläuft.

34. *Analogien der Eigenschaften des magnetisirten Glases mit denen des Bergkrystalls.* — Kreuzt man den Zerleger mit der durch ein sehr wirksames Glas abgelenkten Polarisationsebene, so sieht man im Allgemeinen ein schönes Himmelblau auf der einen Seite des Kreuzpunktes, und ein schmutziges Roth auf der andern. Das drehende Glas zeigt also eine Uebergangsfarbe wie der Bergkrystall lothrecht auf der Axe, dieser mag dem magnetischen Einfluſs unterworfen seyn oder nicht; denn der Bergkrystall ist unempfindlich.

35. Stellt man ein Prisma vor das Auge, und eine Spalte vor den Zerleger, so liefert die blaue Linie ein Spectrum, in welchem das Roth fehlt. Ich nehme an, die Alhidade des Zerlegers sey nach oben gerichtet, so daſs die Uebergangsfarbe mit dem Nullpunkt der Theilung zusammenfalle, und ich lasse den Zinkstrom zu dem Pol gelangen, welcher sich zwischen dem drehenden Glase und dem Auge befindet. Bringt man nun die Alhidade von links nach rechts, über den Nullpunkt weggehend, so sieht man in derselben Richtung einen breiten schwarzen Streifen über das Spectrum fortgehen. Hat man sie nur eine Kleinigkeit über den Nullpunkt hinweggehen lassen, bei welcher das schmutzige Roth erscheint, und betrachtet nun ohne Prisma, so wird das Roth wieder sichtbar im Spectrum, und das Indigo und Violett verschwinden.

Ein analoges Phänomen beobachtet man beim senkrecht

1) *Comp. rend. T. XVI, p.* 1081.

geschnittenen rechten Bergkrystall, nur ist der von ihm erzeugte Streifen, der durch das Spectrum geht, viel schmäler und schärfer begränzt, deshalb weil der Unterschied der Drehung zwischen den verschiedenen prismatischen Farben weit gröfser ist beim Bergkrystall als bei den wirksamsten Gläsern. Bei diesen letzteren drehen sich alle Farben fast um eine gleiche Gröfse; auch sieht man die Farbenveränderungen des Gesichtsfeldes nur sehr nahe beim Kreuzpunkt der Nicol'schen Prismen.

Kehrt man die Pole des Electromagneten um, so erlangt das wirksame Glas die Eigenschaften des linken Bergkrystalls.

36. Die Drehung des Bergkrystalls nimmt allmälig zu mit der Dicke; bei den meisten Gläsern dagegen nimmt sie jenseits einer gewissen Dicke ab. Dieser Unterschied würde nicht eine wahrhafte Verschiedenheit ausmachen, wenn sie von der durch das Glas gehen könnenden Menge des magnetischen Fluidums abhinge.

37. Das drehende Glas scheint mir eine Doppelbrechung zu erlangen, sobald das Licht senkrecht auf der Axe der Magnetpole durch dasselbe geht. Defsungeachtet wage ich noch nicht, es entscheidend zu behaupten; denn leider giebt eins meiner kobalthaltigen Flintgläser, welches homogen ist und die Striche des Sonnenspectrums in Schärfe zeigt, keine hinlängliche Doppelbrechung, dafs ich mit Sicherheit die Striche *E* und *F* verdoppelt sehen könnte. Und meine sehr wirksamen Gläser sind nicht homogen genug, um die Striche scharf zu zeigen; allein ich sehe bei Umkehrung der Magnetpole das Ansehen des Spectrums sich ändern.

Es ist sehr schwierig, vom reinen sehr basischen Bleisilicat einen homogenen Gufs zu bekommen. Hr. Guinand arbeitet daran und ich hoffe, bald den Herren Mitgliedern der Academie die Doppelbrechung der drehenden Gläser evident zeigen zu können; ungeachtet der bedeutenden Stärke meiner gegenwärtigen Apparate ist sie noch weit unter der Doppelbrechung des Bergkrystalls.

38. *Studium über die Ursachen der Drehung in Gläsern.*

— Die Oberflächen bewirken nicht nur keine Drehung, sondern schwächen sie durch ihren Einfluſs. Kann diese Drehung nicht abhängen von einer Modification der Natur des Lichts? Keiner meiner Versuche berechtigt mich dieſs vorauszusetzen; alle vielmehr deuten auf eine Aenderung im Innern der Körper. Diese durch den magnetischen Einfluſs bewirkte Aenderung des Molecularzustands scheint sich indeſs nicht auf die zusammengesetzten Molecule zu erstrecken, sondern nur auf die Atome der einfachen Körper, welchen das Glas seine drehenden Eigenschaften verdankt; denn ein Atom Blei, Eisen oder Kalium z. B. theilt sein eigenes Drehvermögen, mit allen seinen Modificationen, allen Verbindungen mit, in welchen es unter irgend einer Form enthalten ist. In verschiedenartigen Verbindungen sind fast alle Eigenschaften der einfachen Körper verändert, nur nicht ihr Drehvermögen, vorausgesetzt jedoch diese Verbindungen bleiben starr und durchsichtig. Die drehende Eigenschaft kann mehr oder weniger modificirt und selbst contrabalancirt werden durch Dazwischenkunft anderer einfacher Atome, die andere oder entgegengesetzte Eigenschaften besitzen. Die Leitungsfähigkeit oder Durchgänglichkeit kann durch alle Krystallformen, die Würfelform ausgenommen, geschwächt (*paralysée*), und durch die Härtung verringert (*amoindrie*) werden. Allein niemals habe ich einen Verbindungs- oder Krystallisationszustand gesehen, wo die magnetische Wirkung eine Umkehrung des den einfachen Körpern inwohnenden Drehvermögens hervorbrachte.

39. Physiker nehmen an, daſs die von einigen Flüssigkeiten (ohne Hülfe des Magnetismus) hervorgebrachte Drehung der Polarisationsebene aus einer Anordnung der einfachen Atome in dem zusammengesetzten Molecul entspringe und daſs die vom Bergkrystall bewirkte Drehung, sowie die Doppelbrechung vieler Krystalle, von der Anordnung der zusammengesetzten Molecule herrühre. Ich kenne bisher keinen entscheidenden Versuch, der sich dieser Betrachtungsweise widersetzte. Fände sich meine im vorhergehenden Artikel ausgesprochene vorläufige Meinung begründet

(welche ich vielleicht nach neuen Versuchen zuerst aufgeben werde), so würde die magnetische Drehung nicht herrühren von einer molecularen Anordnung, sondern von Eigenschaften der einfachen Atome, deren Wirkungen modificirt werden könnten, ohne dafs ihre Natur in den durchsichtigen starren Körpern durch die moleculare Anordnung verändert würde.

VII. *Liste der glasigen Verbindungen, welche eine stärkere Drehung der Polarisationsebene bewirken als das Faraday'sche schwere Glas; von Hrn. A. Matthiessen aus Altona.*

(*Comp. rend. T. XXV, p.* 173.)

No.	Substanzen.	Formeln.	Dichte.	Maximum-Dicke.	Drehung
1	Bleisilicat, fast rein .	$SiO_3.6PbO$	6,998	15	20°
2	- nicht sehr rein	$SiO_3.4PbO$	6,889	20	18
3	Bleisilico-Alum., unrein	$2SiO_3.Al_2O_3.12PbO$	7,061	10 *	16
4	Bleisilicat	$SiO_3.3PbO$	6,847	15	18
5	Bleisilico-Bismuthit .	$SiO_3.BiO_3.3PbO$	6,561	14 *	10
6	Bleikali-Silico-Alumin.	$4SiO_3.Al_2O_3.KO.8PbO$	5,360	26	17
7	Bleikali-Silico-Alumin.	$4SiO_3.Al_2O_3.KO.6PbO$	5,322	28	17
8	Bleikali-Silicat	$4SiO_3.12PbO.KO$	6,743	19 *	14
9	Bleikali-Silico-Alumin.	$4SiO_3.Al_2O_3.KO.5PbO$	5,281	30	16
10	Bleiborat	$BoO_3.3PbO$	6,880	17	16
11	Blei-Silico-Aluminat .	$SiO_3.Al_2O_3.2PbO$	5,296	25	16
12	Bleinickel-Silicat . . .	$4SiO_3.8PbO.NiO$	6,010	9 *	12 *
13	Strafs, gefärbt durch Kobalt	$SiO?.PbO.NO+?CoO$	3,934	83 *	12
14	Rother Realgar . . .	$S.As$	3,038	12 *	11
15	Engl. Bleiglas, durch Kobalt dunkel indigofarben gefärbt . .	. . . .	3,209	50 *	10 *
16	Bleisilicat	$SiO_3.2PbO$	6,620	25	12
17	- angeräuchert	$SiO_3.3PbO.C$	6,720	20	12
18	Bleikalium-Silico-Aluminat	$4SiO_3.Al_2O_3.KO.4PbO$	4,564	30 *	10
19	Wismuthborat	$BoO_3.BiO$	4,987	14	11
20	Bleisilicat	$2SiO_3.3PbO$	5,895	28	11
21	Bleiborat, neutral . .	$BoO_3.PbO$	5,709	24	10

No.	Substanzen.	Formeln.	Dichte.	Maximum-Dicke	Drehung
22	Bleisilicat, neutral . .	$SiO_3 . PbO$	5,339	30	10
23	Antimonglas, käuflich	. . . .	4,0 b. 4,984	27 *	8–10
24	Bleisilicat	$4 SiO_3 . 3 PbO$	4,647	30	9
25	Faraday's Bleiboro-Silicat	$SiO_3 . 2 BoO_3 . 3 PbO$	5,431	26	9
26	Bleikalium-Silic., durch Kobalt gefärbt . . .	$14 SiO_3 . 10 PbO . KO$	4,241	83 *	7
27	Bleikalium-Silicat, rein	$7 SiO_3 . 5 PbO . KO$	4,140	83 *	6
28	Steinsalz, in vollkommenen Würfeln . .	$NaCl$	2,31	26	6

Unter *Maximum-Dicke* verstehe ich die Dicke in Millimetern, bei welcher das Glas die gröfste Drehung giebt, wenn eins seiner beiden polirten Enden die Pole des Elektromagnets berührt.

In der Tafel entspricht die Zahl für die Drehung immer der für die Dicke; allein da es oft geschah, dafs bei den Probegüssen von 2 oder 3 Kilogrm. die Masse während des Erkaltens in so kleine Stücke zersprang, dafs ich nicht ein einziges fand, welches die Maximumdicke hatte, so sind diese zu geringe Dicken mit einem Sternchen bezeichnet. Die entsprechende Angabe der Drehung ist folglich zu klein.

Andere Stücke waren zwar grofs genug, aber zu dunkelfarben, selbst für directe Sonnenstrahlen, um mit ihnen das Maximum des Effects erreichen zu können. Sie sind in der Kolumne für die Drehung mit einem zweiten Sternchen bezeichnet.

Die zufällige Härtung (*trempe*) trägt auch bei vielen meiner neuen Gläser zur Drehung bei.

Dieser Umstände wegen bin ich noch im Zweifel über den Rang, welchen ich den empfindlichen Gläsern in ihrer Thätigkeit anweisen soll. An die Spitze der Liste habe ich das Glas gestellt, welches offenbar am stärksten wirkt, und habe die übrigen in eine provisorische Ordnung gestellt, nach welcher mir ihr Drehvermögen abzunehmen schien, wenn man es nach der, den Maximum-Effect gebenden, Dicke mifst.

20° Drehung bedeutet, dafs man, beim Verwechseln der Pole, die Alhidade des Zerlegers von Null aus nach jeder Seite um 10° drehen mufste. Alle diese Messungen sind gemacht bei Anwendung der Magnetkraft, die eine sehr schwach geladene Bunsen'sche Batterie von 50 Elementen liefert, und fähig ist, 25 Kilogrm. mit einem der verticalen Pole des Magneten zu tragen.

Die Dicke, bei welcher ein Glas das Maximum von Drehung giebt, variirt nicht nur nach dem Grade der Kraft des Magnets, sondern auch, bei gleicher Kraft, je nachdem sie durch eine kleine Zahl stark geladener Elemente oder durch eine grofse Zahl schwach geladener erregt worden ist (das klingt sehr seltsam. *P.*). Meine beiden vorhergehenden Abhandlungen über die magnetische Drehung zeigen an mehreren Beispielen, dafs die Wirkung des Glases auf das polarisirte Licht an Intensität verschieden ist, je nachdem eine solche anziehende Magnetkraft im weichen Eisen durch einen reichlichen Strom von schwacher Spannung oder durch einen Strom von kleiner Quantität und starker Spannung erzeugt worden ist. Es äufsern sich also in der Wirkung des magnetischen Fluidums auf die empfindlichen Gläser zwei Modificationen, analog oder vergleichbar denen fast aller Naturkräfte, von denen wir beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft einige Wirkungen kennen.

VIII. *Ueber das Verhalten der Cyanüre und Doppelcyanüre in höheren Temperaturen;*
von C. Rammelsberg.

Nur bei wenigen Cyanmetallen hat man bis jetzt die Producte untersucht, welche dieselben beim Erhitzen in verschlossenen Gefäſsen liefern. *Cyansilber* und die Doppelcyanüre des Eisens, namentlich das *Berlinerblau*, sind es fast allein, aus deren Verhalten man den Schluſs gezogen hat, daſs die Cyanüre der *edlen* Metalle sich in Metall und Cyan, die der *unedlen* aber in Kohlenmetall und Stickgas zersetzen.

Indessen schon Gay-Lussac beobachtete bei der Destillation des *Cyanquecksilbers* die Bildung einer braunschwarzen Substanz, welche in Folge späterer Versuche als isomer mit dem Cyan erkannt, und darum *Paracyan* genannt worden ist. Ferner haben neuere Erfahrungen bewiesen, daſs auch die Zersetzung des *Cyan*silbers nicht so einfach sey, als man lange geglaubt hatte. Die Arbeit von Thaulow über diesen Gegenstand gab insbesondere Anlaſs zu den nachstehenden Versuchen, die zu Resultaten geführt haben, welche frühere Erfahrungen wesentlich berichtigen dürften.

Die Zersetzung der Cyanüre wurde theils in kleinen Glasretorten über der Weingeistlampe, bei einer bis zum Glühen des Glases gesteigerten Temperatur, theils in gut verschlossenen Tiegeln im Windofen bewirkt. Nur in einigen Fällen lieſsen die *flüchtigen* Producte eine nähere Untersuchung zu, stets aber war es der Destillations*rückstand*, dessen Beschaffenheit, Quantität und Zusammensetzung bestimmt wurde. Die letztere ist jedoch in der Regel bis jetzt nur empirisch festzustellen gewesen, und wenn wir auch versucht haben, nach Anleitung der gefundenen relativen Mengen von Metall, Kohlenstoff und Stick-

stoff

stoff, diese Rückstände als Paracyanüre und Carburete darzustellen, so ist diefs nichts als eine Vermuthung, und erst das Studium des Paracyans und seiner Verbindungen für sich kann hier Aufschlufs geben. Wir hoffen, später diese Arbeit unternehmen zu können.

Die vorliegende Untersuchung ist also mangelhaft in Betreff der rationellen Kenntnifs jener Destillationsrückstände in vielen Fällen. Die Anwesenheit des Wassers in mehreren Cyanüren, wie z. B. im Berlinerblau, ist aufserdem der Grund, dafs die Resultate nicht so scharf ausfielen, als man wünschen durfte. Der Verf. übergiebt indessen seine schon seit längerer Zeit beendigten Versuche der Oeffentlichkeit, in der Hoffnung, dieselben später noch in vieler Beziehung ergänzen und fortsetzen zu können.

Cyansilber.

Früher nahm man allgemein an, dieses Salz zersetze sich in der Hitze in Cyangas und metallisches Silber.

Liebig und Redtenbacher, welche das aus Ammoniak krystallisirte Cyansilber zur Bestimmung des Atomgewichts vom Kohlenstoff anzuwenden versuchten [1]), machten die Beobachtung, dafs es hierzu nicht tauglich sey, weil es in der Hitze eine bisher nicht beobachtete Zersetzung erleide.

Nach ihren Versuchen schmilzt es nämlich anfangs ruhig, entwickelt in höherer Temperatur Cyangas und hinterläfst *Halbcyansilber* (analytische Data, welche diefs beweisen, sind nicht mitgetheilt); über einen gewissen Punkt hinaus zersetzt sich dieser Körper unter einer Feuererscheinung, es entwickelt sich *Stickgas*, und es bleibt ein mattweifses geschmolzenes *Kohlensilber* übrig, aus dem sich die Kohle durch fortgesetzte Calcination nicht entfernen läfst, denn während sie an der Oberfläche verbrennt, bildet sie eine Schicht reinen Silbers, welche die innere Masse vor der weiteren Einwirkung des Sauerstoffs schützt. Löst man

1) Ann. der Chemie und Pharmacie, Bd. 38, S. 129.

aber den Rückstand in verdünnter Salpetersäure auf, so bleibt ein Netzwerk von *reiner Kohle.*

Diese Versuche von Liebig und Redtenbacher sind später von Harald Thaulow weiter verfolgt worden [1]). Seine Resultate bestätigen sie theilweise, weichen doch aber auch in wesentlichen Punkten von denen jener Chemiker ab.

Nach Thaulow liefert das Cyansilber in dem Moment, wo die Feuererscheinung eintritt, plötzlich eine grofse Menge Gas; der aschgraue Rückstand, welchen er anfangs für Kohlensilber hielt, gab, mit Kupferoxyd verbrannt, ein Gemenge von 2 Vol. Kohlensäure und 1 Vol. Stickgas; er enthielt folglich die Elemente des Cyans. Thaulow betrachtet ihn demgemäfs als *Paracyansilber.* Er fand, dafs dieser Körper, mit Salpetersäure behandelt, sich unter Abscheidung von Paracyan zersetzt, jedoch so unvollkommen, dafs es nie gelingt, das letztere frei von Silber zu erhalten. Die Trennung beider Bestandtheile gelang ihm aber, als er das Paracyansilber mit Quecksilber amalgamirte, dann mit Salpetersäure und hierauf mit Schwefelsäure behandelte, worin es sich nun auflöst, und woraus man durch Verdünnen mit Wasser das Paracyan abscheiden kann. In 100 Th. Paracyansilber fand er 90,09 Proc. Silber.

Thaulow erhielt aus 1 Grm. Cyansilber im Mittel von 3 Versuchen 48,1 C.C. Gas. Dieses Gas soll eine eigenthümliche isomere Modification des Cyans seyn, die er *Carbazot* nennt, und in seinen Eigenschaften sich vom Cyan wesentlich unterscheiden. Was er indessen über den Geruch desselben, seine schädlichen Wirkungen auf die Respirationsorgane, seine Auflöslichkeit in Wasser, sein Brennen mit rother Flamme u. s. w. anführt, stimmt ganz mit dem überein, was wir vom Cyan wissen. Sein specifisches Gewicht fand er = 1,73. Doch ist diefs keine directe Bestimmung, sondern ein Resultat der Berechnung aus der

1) *Förhandl. vid de Skandinav. Naturforsk., tredge möte* 1842. — Daraus in Erdmann's und Marchand's Journal für practische Chemie, Bd. 31, S. 220. — S. ferner Berzelius's Jahresbericht No. 23, S. 81. 218.

Menge des entwickelten Gases, welche eine bestimmte Quantität Cyansilber liefert.

Das spec. Gewicht des Cyans ist nach Gay-Lussac = 1,8064, also fast ebenso, wie das des angeblichen Carbazots.

Thaulow liefs das Gas von Kalilauge absorbiren, wobei die gelbe oder braune Färbung, die das Cyan in Folge von Zersetzung hervorbringt, gleichfalls eintrat. Die Flüssigkeit, mit Salpetersäure neutralisirt, gab ihm auf Zusatz eines Eisenoxydulsalzes *kein* Berlinerblau. Diefs würde allein ein wesentlicher Unterschied zwischen Cyan und Carbazot seyn.

So interessant diese Versuche von Thaulow sind, so lassen sie doch manche gegründete Zweifel über die Richtigkeit der beobachteten Thatsachen, namentlich was die Existenz des angeblichen Carbazots betrifft. In dem Folgenden sind die Resultate meiner Versuche enthalten.

I. 1,13 Grm. vollkommen trockenes Cyansilber wurden in einer kleinen Retorte erhitzt, und das Gas in einem graduirten Rohr über Quecksilber gesammelt. Als das Feuerphänomen eintrat, entwickelte sich das Gas sehr heftig, und später, als das Erhitzen des Rückstandes bis zum Glühen gesteigert wurde, fand keine weitere Gasentwickelung statt. Der Rückstand betrug 1,018, das entwickelte Gas 60 C.C. bei 14° C. und 747^{mm} Barom., was 56,1 C.C. bei 0° und 760^{mm} beträgt.

II. 6,37 Grm. Cyansilber hinterliefsen 5,788 Rückstand.

Diese Versuche geben die Menge des Paracyansilbers zu 90,09 und 90,86 Proc.; die Menge des Gases aus 1 Grm. Salz = 49,65 C.C., also übereinstimmend mit Thaulow's Versuchen.

Das entwickelte Gas verhält sich in jeder Beziehung wie Cyangas, was den Geruch und sein sonstiges Verhalten betrifft. Es wurde in Kalilauge geleitet, und diese Flüskeit gab, mit theilweise oxydirtem Eisenvitriol und Chlorwasserstoffsäure behandelt, *eine reichliche Menge Berlinerblau.* Thaulow's Angabe beruht also wohl auf einem Irrthum, und dafs das von ihm gefundene spec. Gewicht

nicht genau das des Cyans ist, liegt blofs an der indirecten Methode seiner Berechnung, die nicht genau seyn kann.

Wenn wir das Atomgewicht des Silbers = 1349,66, des Kohlenstoffs = 75, und des Stickstoffs (N) = 175,06 setzen, so besteht das Cyansilber aus

Silber	80,59
Cyan	19,41
	100.

Verliert diese Verbindung beim Erhitzen die Hälfte des Cyans, so mufs die Menge des Rückstandes 90,295 Proc. betragen, und das entwickelte Cyangas macht dann auf 1 Grm. Salz 41,5 C.C. aus. Dafs alle Versuche etwas mehr ergeben haben, rührt wohl nur davon her, dafs durch die Heftigkeit der Zersetzung auch eine kleine Menge des Paracyansilbers mitzerlegt wird.

Das Paracyansilber mufs, der Rechnung zufolge, enthalten:

Silber	89,25
Paracyan	10,75
	100.

Thaulow erhielt 90,09 Proc. Silber.

Die Eigenschaften dieses Körpers sind zum Theil schon von Thaulow angegeben. Er bildet eine grauweifse poröse Masse, welche sich etwas schwer pulvern läfst. Es wurde eine Portion mit mäfsig verdünnter Salpetersäure digerirt, und diese Operation mit neuer Säure wiederholt.

0,492 des braunen, über Schwefelsäure getrockneten Pulvers wurden in einem offenen Tiegel geglüht. Es entstand ein schwacher Blausäuregeruch, und zuletzt blieben 0,198 metallisches Silber, welches sich in Salpetersäure bis auf eine unwägbare Spur auflöste.

Die Substanz enthielt folglich 40,24 Proc. Silber.

Ein auf diese Art durch zweimalige Digestion mit Salpetersäure erhaltenes Präparat wurde mit concentrirter Schwefelsäure gelinde erwärmt. Dabei löste sich ein Theil mit ganz

dunkelbrauner Farbe auf, ohne dafs sich schweflige Säure oder sonst ein Gas entwickelte. Die schwefelsaure Auflösung wurde in Wasser getröpfelt, und so ein flockiger brauner Niederschlag erhalten.

0,36 desselben, welche bei 175° getrocknet worden waren (wobei die Substanz 12 Proc. am Gewicht verloren hatte), lieferten beim Glühen an der Luft 0,128 Silber = 35,46 Proc.

Diefs Präparat, von neuem mit concentrirter reiner Salpetersäure ein paar Mal zum Kochen erhitzt, änderte sein Ansehen nicht; es gab nach dem Auswaschen und Trocknen 32,8 Proc. Silber. Die Salpetersäure setzte beim Verdünnen etwas von einem gelben Pulver ab.

Diese vorläufigen Versuche beweisen wenigstens, dafs beide Säuren das Paracyansilber nicht vollständig zersetzen. Das Weitere behalten wir uns vor, in einer späteren Abhandlung über das Paracyan mitzutheilen.

Berlinerblau.

Wir verdanken den Untersuchungen von Berzelius, welche vor länger als 25 Jahren angestellt wurden [1]), fast Alles, was wir von dem Verhalten des Berlinerblaus in höherer Temperatur wissen.

Um die grofse Anzahl von Versuchen, welche ich mit diesem Körper angestellt habe, übersichtlich zu machen, will ich seinen Wassergehalt, die Menge des Glührückstandes, der dabei verflüchtigten festen, flüssigen und gasförmigen Substanzen, so wie die Zusammensetzung jenes Rückstandes in besonderen Abschnitten betrachten.

A. Gewöhnliches Berlinerblau.

In eine stark saure Auflösung von Eisenchlorid (durch Oxydation von Eisenvitriol mittelst Salpetersäure und Zusatz von Chlorwasserstoffsäure bereitet) wurde Kaliumeisencyanür mit der Vorsicht eingegossen, dafs noch ziemlich viel unzersetztes Eisensalz übrig blieb. Der Niederschlag wurde

1) Schweigg. Journ., Bd. 30, S. 33. 49.

mit kaltem Wesser ausgewaschen, was bei gröfseren Mengen und seiner gelatinösen Beschaffenheit ziemlich schwer ist. Berzelius hat zwar gegen die Behauptung Gay-Lussac's nachgewiesen [1]), dafs ein Kaligehalt im Berlinerblau nicht wesentlich sey, und durch sehr sorgsames Aussüfsen entfernt werden kann; da indessen die späteren Waschwässer Kaliumeisencyanid enthielten, so wäre es möglich, dafs allerdings das Berlinerblau, trotz seinem unveränderten Aussehen, doch eine Zersetzung erlitten hätte. Williamson hat noch neuerlich in einem auf die vorher angegebene Art dargestellten Berlinerblau auf 27 At. Eisen 1 At. Kalium gefunden [2]).

I. Wassergehalt.

Das lufttrockne Berlinerblau ist eine wasserhaltige und zugleich ungemein hygroskopische Substanz, so dafs es schwer ist, es auf einen bestimmten Punkt der Trockenheit zu bringen.

Das im Vacuo über Schwefelsäure getrocknete gab Berzelius bei der Untersuchung 23,6 Procent Wasser, und 54,66 Proc. Eisenoxyd = 38,28 Eisen. Das bei 100° getrocknete enthielt 19,6 Proc. und gab 58 Proc. Eisenoxyd = 40,62 Eisen. Bei 135° getrocknet, lieferte es 60,14 Eisenoxyd = 42,11 Eisen.

Bei meinen Versuchen, deren Detail mitzutheilen wohl überflüssig ist, verlor *lufttrockenes* Berlinerblau, d. h. solches, welches an einem 30—40° warmen Orte aufbewahrt wurde, bei den verschiedenen Temperaturen zwar nicht übereinstimmende Gewichtsmengen, im Allgemeinen aber folgende:

Bis 100°	3,27,
- 140–150°	7,61 – 9,51,
- 160–170°	11,14 – 11,36 – 11,58 – 12,25 – 13,04 – 14,2,
- 200–230°	20,15 – 21,16 – 21,33 – 21,72 – 23,05 – 23,96,
- 250°	27,28.

1) Poggend. Ann., Bd. 25, S. 385.
2) Annalen der Chemie und Pharm., Bd. 57, S. 239.

Die absolute Wassermenge ergab sich aus der Quantität des Rückstandes beim Glühen des Berlinerblaus an der Luft sowohl, wie in einer Retorte, und der Bestimmung des Eisengehalts in dem Rückstande durch Calcination desselben. Zuweilen wurde auch das geglühte Eisenoxyd von neuem in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst und durch Ammoniak gefällt, um die Menge des Kalis im Berlinerblau zu bestimmen, wovon später die Rede seyn wird.

Auf diese Art fand man den Eisengehalt gleich folgenden Werthen in einem bei der angegebenen Temperatur getrockneten Berlinerblau.

Lufttrocken:	32,01 – 32,2 – 33,46,
140–150°	35,24 – 36,03 – 36,98,
160–170°	38,13 – 39,85,
200–230°	40,89 – 42,1 – 42,44,
250°	46,02.

Aus diesen Versuchen folgt zunächst, dafs das Berlinerblau bei 250° wasserfrei wird, wiewohl dann schon eine geringe Zersetzung durch einen schwachen Ammoniakgeruch sich zu erkennen giebt.

Läfst man die kleine Menge des im Berlinerblau enthaltenen Kaliumeisencyanürs aufser Acht, so darf man annehmen, dafs das lufttrockene Präparat 18 At. Wasser enthält; bei 150° 12 Atome; dafs es, im Vacuo über Schwefelsäure (Berzelius), oder bei 160—170° getrocknet, nur 9 At. Wasser enthält, d. h. dann als blausaures Eisenoxyd-Oxydul betrachtet werden kann. Bei 200—230° getrocknet, enthält es noch 3—6 At. Wasser, und endlich bei 250° ist es wasserfrei.

Die berechnete Zusammensetzung für die Verbindung und diese ihre Hydrate ist folgende, wobei Fe = 350,53, C = 75, N = 175,06 gesetzt ist.

Wasserfrei = 2 Fe Cy^3 + 3 Fe Cy.

Eisen	45,61
Cyan	54,39
	100.

	Mit 3 $\dot{H}$:	Mit 6 $\dot{H}$:	Mit 9 $\dot{H}$:
Eisen	42,92	40,53	38,39
Cyan	51,18	48,32	45,77
Wasser	5,90	11,15	15,84
	100	100	100.

	Mit 12 $\dot{H}$:	Mit 18 $\dot{H}$:
Eisen	36,47	33,14
Cyan	43,47	39,51
Wasser	20,06	27,35
	100	100.

2. Verhalten bei der trockenen Destillation.

Aus den älteren Versuchen, insbesondere denen von Berzelius, geht hervor, dafs das (wasserhaltige) Berlinerblau beim Erhitzen in einem abgeschlossenen Raum Wasser, Cyanammonium, kohlensaures Ammoniak und aufserdem ein Gasgemenge giebt, in welchem, nach Gay-Lussac, kein Cyan, wohl aber Cyanwasserstoffsäure und Kohlensäure, so wie aufserdem Stickgas enthalten ist. Der Rückstand zeigt zuletzt eine Feuererscheinung, ist schwarz von Farbe, an der Luft pyrophorisch, und nach Berzelius ein Kohlenstoffeisen $= Fe\,C^3$.

Es ist also klar, dafs die Elemente des Wassers hierbei an der Zersetzung des Eisencyanürcyanids Antheil nehmen, und der Erfolg mufs nothwendig verschieden seyn, je nachdem man ein wasserhaltiges oder ein vorher bei 250° getrocknetes, d. h. wasserfreies Berlinerblau anwendet.

Ich habe Berlinerblau, bei verschiedenen Temperaturen getrocknet, der Destillation unterworfen. Die von Berzelius beobachtete Feuererscheinung, welche die Zersetzung auch anderer Cyanüre, z. B. von Silber, Nickel und Kobalt charakterisirt, trat aber nicht ein. Die Menge des schwarzen Rückstandes wurde durch Wägung des Apparats bestimmt. Anfänglich habe ich auch das Gewicht der festen und flüssigen Destillationsproducte, so wie das Volum der

entwickelten Gase zu bestimmen gesucht, später jedoch diefs aufgegeben, weil die darin enthaltenen Verbindungen weder qualitativ noch quantitativ genau zu ermitteln sind. Die Analyse des Rückstandes aber wurde mehrfach wiederholt.

Gewicht des Rückstandes nach Procenten des angewandten Berlinerblaus, getrocknet bei der angegebenen Temperatur:

Lufttrocken:	45,57
160 — 170°	53,58
	54,18
	54,72
180°	59,61
220°	61,15
	61,28
	61,74
250°	60,82
	61,69.

Ich führe nicht die Quantitäten der bei diesen Versuchen in einer Chlorcalciumvorlage gesammelten Stoffe, des Wassers, des kohlensauren Ammoniaks und Cyanammoniums an, weil nur das erstere dadurch vollständig zurückgehalten seyn könnte, eben so wenig das Volum des Gases, welches immer entschieden nach Blausäure riecht, zuweilen auch nach Ammoniak. Unstreitig wird der Zersetzungsprocefs modificirt, je nachdem man langsamer oder schneller die Temperatur steigert, und wenn sich auch dadurch die Natur des Rückstandes, wie die späteren Untersuchungen zeigen werden, nicht bedeutend ändert, so hat diefs doch auf die relativen Mengen der flüchtigen Producte einen gröfseren Einflufs. Nur so viel sey bemerkt, dafs aus lufttrockenem Berlinerblau einmal 43,67 Proc. Wasser und flüchtige Salze erhalten wurden, und dafs selbst das bei 250° getrocknete, weil es hartnäckig den letzten Rest Wasser zurückhält, und letzteres mit gröfserer Begierde als die am meisten hygroskopischen Salze wieder anzieht, doch noch einige Procent Ammoniaksalze liefert. Ein solches bei 250° getrocknetes Berlinerblau giebt, nach dem Durchschnitt meh-

rerer Versuche, etwa 200 C.C. (von 1,0 Grm.) Gas, wovon ein Theil durch Kali absorbirt wird.

Wir wenden uns jetzt zu der Untersuchung des schwarzen Destillationsrückstandes, welcher bisher für Kohleneisen gehalten wurde. Seine Zusammensetzung, verglichen mit der des wasserfreien Berlinerblaus, mufs Aufschlufs geben über die Producte, welche dabei verflüchtigt werden. Bei seiner Darstellung war die Temperatur immer so hoch gesteigert worden, als eine gröfsere Lampe mit doppeltem Luftzuge sie hervorzubringen vermag, und man hatte sie etwa eine halbe Stunde einwirken lassen. Es scheint indessen nicht, als ob die Temperatur hier, innerhalb gewisser Gränzen, und ihre Dauer auf die Zusammensetzung des Rückstandes Einflufs hätten, denn die Gasentwicklung hört bald auf, und das Gewicht des Rückstandes bleibt sich gleich.

Dieser letztere verglimmt, wenn man ihn an die Luft bringt. Dabei läfst sich kein besonderer Geruch wahrnehmen. War er aber in nicht sehr gut verschlossenen Gefäfsen aufbewahrt worden, so hat er seine pyrophorischen Eigenschaften verloren, und wenn man ihn dann an der Luft erhitzt, so verglimmt er zwar sehr leicht, entwickelt aber dabei etwas Ammoniak.

a) Bestimmung des Eisen- und Kaliumgehalts.

In vielen Fällen wurde die Substanz blofs an der Luft geglüht, was in einem Platinschälchen geschah, wobei durch Umrühren die Verbrennung möglichst vollständig gemacht wurde. Den Rest befeuchtete man mit einigen Tropfen Salpetersäure, und glühte von neuem. Zuweilen wurde sie aber auch mittelst Königswasser oxydirt, die Auflösung von der kohligen Masse abfiltrirt, welche man für sich verbrannte, dann das Eisenoxyd mittelst Ammoniak gefällt, und durch Abdampfen des Filtrats und Erhitzen des Rückstandes das Kali als Chlorkalium bestimmt.

I. 0,705 hinterliefsen 0,72 Eisenoxyd. Durch Auflösen in Chlorwasserstoffsäure u. s. w. erhielt man daraus 0,696

Eisenoxyd = 0,4872 Eisen, und 0,02 Chlorkalium = 0,0105 Kalium.

II. 0,795 gaben nach dem Verbrennen an der Luft 0,759 Eisenoxyd, worin nach I. 0,736 Eisenoxyd = 0,515 Eisen, und 0,011 Kalium.

III. 1,069 wurden mit Chlorwasserstoffsäure digerirt. Es entwickelte sich viel Wasserstoffgas, von demselben starkriechenden Oel begleitet, welches sich beim Auflösen des Roheisens in Säure bildet. Durch Zusatz von Salpetersäure wurde das Eisen oxydirt, und die Auflösung von der kohligen Masse abfiltrirt, welche nach dem Trocknen und Verbrennen 0,136 Eisenoxyd hinterliefs. Durch Fällung mit Ammoniak erhielt man 0,848 von letzterem, zusammen also 0,984 = 0,6888 Eisen; so wie ferner 0,037 Chlorkalium = 0,0194 Kalium.

IV. 0,464 gaben beim Verbrennen 0,452 Eisenoxyd, welche nach I. = 0,438 Eisenoxyd = 0,3069 Eisen und 0,0066 Kalium enthalten.

V. 0,794 verbrannten zu 0,814 Oxyd. Durch Auflösen und Fällen wurden daraus 0,781 Eisenoxyd = 0,5467 Eisen und 0,033 Chlorkalium = 0,0173 Kalium erhalten.

Hiernach würden 100 Th. des schwarzen Destillationsrückstandes vom Berlinerblau enthalten:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kalium	1,49	1,40	1,82	1,42	2,18
Eisen	69,10	64,83	64,37	66,14	68,85

Berzelius erhielt aus 100 Theilen 108,2 (kalihaltiges) Eisenoxyd [1]), welches, als rein betrachtet, = 75,74 Eisen seyn würde.

b) Bestimmung des Kohlenstoffgehalts.

Sie geschah durch Verbrennung der Substanz mit Kupferoxyd nach Art einer organischen Analyse. Nach beendigter Gasentwicklung wurde trocknes Sauerstoffgas durch die Verbrennungsröhre geleitet, um von der vollständigen Oxydation der Kohle überzeugt zu seyn, und sämmtliche Kohlen-

1) Schweigg. Journ., Bd. 30, S. 49.

säure aus dem Apparat zu verdrängen. Die Substanz ist leicht verbrennlich. Vor und hinter dem Gemenge befand sich eine Schicht dünnen Kupferblechs, welche gleichfalls zum Glühen gebracht wurde.

I. 0,747 gaben 0,412 Kohlensäure = 0,11235 Kohlenstoff.
II. 0,44 gaben 0,227 Kohlensäure = 0,06191 Kohlenstoff.
III. 0,601 = 0,301 Kohlensäure = 0,0821 Kohlenstoff.
IV. 0,451 = 0,252 Kohlensäure = 0,0687 Kohlenstoff.

Also in 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.
Kohlenstoff	15,33	14,07	13,66	15,23.

c) Bestimmung des Stickstoffgehalts.

Da die Menge des Eisens etwa = 70 Proc., die der Kohle höchstens = 15 Proc. der Substanz ausmacht, so folgte daraus, dafs sie gleichzeitig auch Stickstoff, und zwar etwa 15 Proc. enthalten mufste. Um diesen Schlufs zu controliren, und gleichzeitig die Ueberzeugung zu gewinnen, dafs das Fehlende nicht etwa unverbrannte Kohle in sich schliefse, wurden mehrere directe Stickstoffbestimmungen nach der schönen Methode von Varrentrapp und Will ausgeführt, indem die Substanz mit Aetznatron und Kalk gemengt und geglüht wurde. Das entstandene Ammoniakgas nahm ein Kugelapparat, mit mäfsig verdünnter Chlorwasserstoffsäure gefüllt, auf. Ein Zurücksteigen derselben in Folge starker Absorption habe ich nie beobachtet, weil sich gleichzeitig Kohlenwasserstoffgas entwickelt. Um aber den Rest des Ammoniaks in die Säure zu treiben, wurde zuletzt mit Hülfe eines Aspirators Luft durch den Apparat gezogen, die zuvor durch Kalilauge treten mufste, nachdem mittelst eines Hahns die Communication mit dem Verbrennungsrohr hergestellt war. Da sich bei lebhafter Gasentwicklung immer einige Nebel von Salmiak bilden, welche leicht aus der Vorlage entweichen, so stand diese mit einer langen Glasröhre in Verbindung, welche mit befeuchteten Glasstücken gefüllt war.

I. 0,586 gaben 1,379 Platinsalmiak =0,08755 Stickstoff.
II. 0,507 = 1,062 Platinsalmiak =0,06742 Stickstoff.

Oder in 100 Theilen:

	I.	II.
Stickstoff	14,94	13,30.

Hieraus folgt, dafs das Fehlende in der That nur Stickstoff war.

Uebersieht man nun die gefundenen Resultate, so zeigt sich allerdings keine vollkommene Uebereinstimmung, trotz der verhältnifsmäfsig einfachen Methoden zur Bestimmung der Bestandtheile, und der darauf verwandten Sorgfalt. Ohne Zweifel ist das Verhältnifs von Eisen, Kohlenstoff und Stickstoff ein etwas anderes, je nachdem die Substanz aus einem zuvor mehr oder weniger entwässerten Berlinerblau erhalten war, weil die Elemente des Wassers mit Kohlenstoff und Stickstoff in Wechselwirkung treten.

Unter diesen Umständen bleibt es zwar immer etwas willkührlich, wenn man aus den Resultaten ein Mittel nimmt. In Ermangelung jedoch eines anderen Anhaltspunktes, und weil die Substanz sicher ein Gemenge mehrerer Körper ist, darf man sich diefs wohl erlauben, und erhält dann:

Kalium	1,66
Eisen	66,66
Kohlenstoff	14,57
Stickstoff	14,12
	97,01.

Aus dem 3 Proc. betragenden Verlust geht wohl hervor, dafs dieses Mittel unter den wahren Werthen liegt. Dagegen geben die Maxima:

Kalium	2,13
Eisen	69,10
Kohlenstoff	15,33
Stickstoff	14,94
	101,50.

Es ist leicht begreiflich, dafs einem höheren Eisengehalt ein geringerer Kohlen- und Stickstoffgehalt entspricht, und umgekehrt. Da das Eisen der vorherrschende Bestandtheil der Substanz ist, so wollen wir für ihn das Mittel der Bestimmungen I. und V. wählen, und erhalten dann:

Kalium	1,66
Eisen	68,97
Kohlenstoff	14,57
Stickstoff	14,12
	99,32.

Das Kalium, welches im Berlinerblau als Kaliumeisencyanür vorhanden ist, mufs in dem Rückstande, trotz seiner geringen Menge als Cyankalium angenommen werden; das mit ihm verbundene Eisencyanür mag bei seiner Zersetzung andere Producte gegeben haben als das Cyanürcyanid, was indessen nicht wohl auszumitteln ist.

1,66 Kalium erfordern 0,51 Kohlenstoff und 0,59 Stickstoff, um Cyankalium zu bilden, es bleiben folglich:

Eisen	68,97	oder	71,43
Kohlenstoff	14,06	-	14,56
Stickstoff	13,53	-	14,01
			100.

Diese Bestandtheile stehen hier in dem Atomverhältnifs von 6,8 : 6,4 : 5,3, was nicht sehr von 7 : 7 : 6 entfernt ist. Der Destillationsrückstand des Berlinerblaus enthält folglich: $Fe^7 + C^7 + N^6$;
das Berlinerblau selbst: $Fe^7 + C^{18} + N^{18}$.

Die berechnete Zusammensetzung für diesen Fall ist:

Eisen	70,03	= 7 At.
Kohlenstoff	14,98	= 7 -
Stickstoff	14,99	= 6 -
	100.	

Aus dem Berlinerblau sind folglich C^{11} und N^{12} ausgetreten, d. h. $11NC + N$, und wenn sich das Cyan unter

den Zersetzungsproducten nicht mit Sicherheit nachweisen läfst, obwohl der Geruch der Gase seine Gegenwart andeutet, so rührt diefs daher, weil durch die Gegenwart des Wassers theils Cyanwasserstoffsäure, theils Kohlensäure und Ammoniak gebildet werden, wodurch sich die Stickstoffmenge verhältnifsmäfsig vermehrt.

Es scheint nahe zu liegen, in dem Rückstande gleichviel Atome von den Bestandtheilen vorauszusetzen; allein die Rechnung giebt dann:

Eisen	68,32
Kohlenstoff	14,62
Stickstoff	17,06
	100.

mithin weniger Eisen und bedeutend mehr Stickstoff. Dennoch wäre es möglich, dafs das Berlinerblau eigentlich unter Verlust von Cyan sich in $Fe^7 C^7 N^7$, d. h. in Eisenparacyanür verwandelt, und dafs die Gegenwart des Wassers, oder vielmehr des Wasserstoffs, die Ursache sey, dafs ein Theil Stickstoff, der sich in Ammoniak verwandelt, aus diesem Paracyanür austritt.

Dafs ein Körper $Fe^7 + C^7 + N^6$ nicht eine einzelne Verbindung seyn kann, ist klar. Man kann annehmen, als sey $6(Fe + CN) + FeC$, d. h. er bestehe aus Paracyaneisen und Kohleneisen. Dafs er übrigens nicht $Fe + CN$, d. h. reines Paracyaneisen sey, scheint aus dem früher angeführten Verhalten zu Chlorwasserstoffsäure hervorzugehen, welche damit Erscheinungen hervorbringt, wie sie beim Kohleneisen (Roheisen) eintreten. Ferner spricht hierfür die Analogie mit den übrigen später zu beschreibenden Substanzen, welche Gemenge von Paracyanüren und Carbureten sind, während reine Paracyanmetalle (Zink) sich gegen Chlorwasserstoffsäure ganz anders verhalten.

Ist der Rückstand in der That $= Fe^7 + C^7 + N^6$, so mufs seine Menge betragen:

von Berlinerblau mit	18 At. Wasser	47,33	Proc.,
- - -	9 - -	54,83	-
- -	wasserfrei	65,15	-

wo die letzte Zahl von den früher angeführten am meisten abweicht, weil es gewifs unmöglich ist, Berlinerblau wasserfrei und doch noch unzersetzt zu erhalten. Wäre der Rückstand aber $= Fe + C + N$, so würden jene Zahlen immer um mehr als 1 Proc. gröfser seyn, sich von den Resultaten der Versuche also noch mehr entfernen.

B. Kaliumfreies Berlinerblau.

Es wurde dargestellt durch Eintröpfeln von Wasserstoffeisencyanür in einen grofsen Ueberschufs einer sauren Eisenoxydauflösung. Das Auswaschen kostet bei diesem Präparate gleichfalls viel Zeit und Mühe.

Eine Analyse des Salzes wurde neuerlich von Williamson publicirt (Liebig's und Wöhler's Annalen, Bd. 57, S. 240), der in dem bei 30—40° getrockneten etwas weniger als 20 At. Wasser fand. Der Eisengehalt war = 31,8 — 32,0 — 32,1 Proc.

Ich erhielt aus der lufttrockenen Substanz 30,38, aus der bei 100° getrockneten 39,65 Proc. Eisen, was etwa 21 und 9 At. Wasser anzeigen würde.

Merkwürdig ist die auch von Williamson bemerkte anfangende Zersetzung beim Trocknen. Auch ich beobachtete, dafs diefs Berlinerblau im Wasserbade deutlich den Geruch der Blausäure entwickelt.

Für die weiteren Versuche wurde das Präparat im Wasserbade getrocknet. Auf diesen Punkt berechnet, lieferte es beim Glühen in einer kleinen Retorte über der Lampe folgende Mengen Rückstand:

I.	1,996	gab 0,985	= 49,35	Proc.,
II.	2,397	- 1,112	= 46,6	-
III.	4,053	- 1,859	= 45,9	-

I. war ohne weiteres erhitzt worden, II. und III. hingegen zuvörderst bei 200—220° getrocknet.

Eisenbestimmung in diesen Rückständen.

a. 0,323 (von II.) gaben beim Verbrennen an der Luft 0,354 Eisenoxyd = 0,2478 Eisen; *b.* 0,389 waren = 0,435 Oxyd

Oxyd = 0,3045 Eisen; *c.* 0,512 (von III.) lieferten 0,563 Oxyd = 0,3941 Eisen.

Für 100 Theile folglich:

	a.	*b.*	*c.*
Eisen	76,75	78,27	76,91.

Kohlenstoffbestimmung.

a. 0,57 (von I.) gaben 0,248 Kohlensäure = 0,06763 Kohlenstoff; *b.* 0,525 lieferten 0,224 $\ddot{C}$ = 0,06109 C.; *c.* 0,345 (von III.) gaben 0,168 $\ddot{C}$ = 0,04582 C.

Oder in 100:

	a.	*b.*	*c.*
Kohlenstoff	11,87	11,64	13,28.

Nimmt man das Mittel, und den Rest für Stickstoff, so würde dieser Rückstand enthalten:

Eisen	77,31
Kohlenstoff	12,36
Stickstoff	10,33
	100.

Es ist in jedem Fall sehr bemerkenswerth, dafs diefs kaliumfreie Berlinerblau einen eisenreicheren und kohlenstoffärmeren Rückstand liefert, und ein Grund dafür nicht leicht anzugeben. Gewifs ist es beim Berlinerblau überhaupt nicht möglich, die rationelle Zusammensetzung des Erhitzungsproduktes festzusetzen, da man sich doch vorstellen mufs, beide Cyanüre geben Anlafs zur Bildung von Paracyanüren und Carbureten.

Wasserstoffeisencyanür.

Zur Darstellung dieses Körpers benutzte ich die Methode von Posselt[1]), wonach eine luftfreie Auflösung des Kaliumsalzes durch Chlorwasserstoffsäure zersetzt, und die Verbindung durch Zusatz von Aether abgeschieden wird. Sie wurde in starkem Alkohol aufgelöst, dem man einige

1) Ann. der Chemie und Pharm., Bd. 42, S. 163.

Tropfen Schwefelsäure hinzufügte, um den Rest des Kalis zu entfernen, und dann von neuem gefällt.

Nach Posselt ist die über Schwefelsäure im Vacuo getrocknete Verbindung wasserfrei und verliert bei 100° nichts am Gewicht.

Ich habe sie im lufttrocknen Zustande angewandt, und theils unmittelbar bei 100°, theils nach vorgängigem längeren Hinstellen über Schwefelsäure bei jener Temperatur getrocknet. Erhitzt man sie in einem Destillationsapparate stärker, so wird sie blau, dann graugelb, während Cyanwasserstoffsäure und flüchtige Salze fortgehen. Später entsteht, wiewohl nicht immer, eine glänzende Feuererscheinung, der Rest ist nun schwarz, und verändert sich beim Glühen über der Lampe nicht.

I. 0,934 der im Wasserbade bei 100° getrockneten Verbindung hinterliefsen 0,353 Rückstand.

II. 3,289, ebenso behandelt, gaben 1,397 Rückstand.

III. 1,169, welche so lange über Schwefelsäure getrocknet worden, bis kein Gewichtsverlust mehr statt fand, und die auch bis 100° nichts weiter verloren, gaben 0,475 Rückstand.

100 Theile Wasserstoffeisencyanür lieferten folglich an Destillationsrückstand:

I.	II.	III.
37,8 Proc.	42,47 Proc.	40,63 Proc.

I. 0,25 dieses Rückstandes, an der Luft verbrannt, hinterliefsen 0,217 Eisenoxyd, = 0,1519 Eisen.

II. *a.* 0,5 gaben ebenso 0,435 Eisenoxyd; *b.* 0,375 mit Kupferoxyd verbrannt, gaben 0,296 Kohlensäure = 0,080727 Kohlenstoff.

III. *a.* 0,46 lieferten 0,379 Kohlensäure = 0,1033 Kohlenstoff; *b.* 0,534, mit Natronhydrat und Kalk geglüht, gaben 1,142 Platinsalmiak = 0,0725 Stickstoff.

Für 100 Theile macht dies:

	I.	II.	III.
Eisen	60,76	60,90	
Kohlenstoff	-	21,53	22,45
Stickstoff	-	-	13,58

Wenn man den Verlust, welcher sich stets bei der vollständigen Analyse dieser porösen, oft pyrophorischen Körper zeigt, die so schnell Luft und Wasserdampf condensiren, auf die Mittel der erhaltenen Zahlen vertheilt, so erhält man:

Eisen	63,10
Kohlenstoff	22,81
Stickstoff	14,09
	100.

Am nächsten kommen diese Zahlen 6 At. Eisen, 10 At. Kohlenstoff und 5 At. Stickstoff, denn diese erfordern:

Eisen	63,91
Kohlenstoff	22,79
Stickstoff	13,30
	100.

Einen solchen Körper kann man sich als ein Gemenge aus $5(Fe+NC)+FeC^5$, d. h. aus Paracyaneisen und Kohleneisen vorstellen. Ebensowohl könnte aber auch letzteres = Kohleneisen gemengt mit Kohle seyn, was sich nicht entscheiden läfst. Von 6 At. Eisencyanür der Verbindung würden folglich 2 At. Kohlenstoff und 7 At. Stickstoff fortgegangen seyn.

Unter diesen Umständen müssen 100 Theile wasserfreies Wasserstoffeisencyanür 40,6 Th. Rückstand geben, eine Zahl, welche mit der mittleren der angeführten Versuche übereinstimmt.

Es wurde schon früher bemerkt, dafs bei der Destillation des Wasserstoffeisencyanürs ein Zeitpunkt eintritt, wobei der Inhalt der Retorte graugelb wird. Da diefs auf eine constante Verbindung deutete, so wurde das Gewicht der Masse bei diesem Punkt bestimmt. Von 100 Theilen wasserfreier Substanz wurden 57 und 58 Proc. dieses Körpers erhalten. Als aber das Erhitzen noch etwas fortgesetzt worden, ohne dafs Schwärzung eintrat, betrug seine Menge 51,7 Proc.

Die am nächsten liegende Vermuthung, der gelbe Körper sey Eisencyanür, wird hierdurch also bestätigt, denn dann mufs er gerade 50 Proc. der Wasserstoffverbindung betragen.

Er nimmt während des Erkaltens durch Hinzutreten der Luft eine dunkle, schwärzlichgrüne Farbe an, und verwandelt sich bei längerem Liegen in ein eisenoxydhaltiges Berlinerblau.

Kaliumeisencyanür.

Bekanntlich nimmt man allgemein an, dafs dieses Salz, wie überhaupt die Verbindungen des Eisencyanürs, mit den alkalischen Cyanmetallen in der Hitze so zersetzt werde, dafs die letzteren unverändert bleiben, das Eisencyanür sich aber in Kohleneisen FeC^2 und entweichendes Stickgas zerlege.

Ich habe wasserfreies Kaliumeisencyanür in einer kleinen Retorte über einer Lampe geglüht. Die Masse wird zwar schwarz, aber die Zersetzung bleibt unvollständig, der Rückstand enthält noch viel vom Doppelcyanür. Auch gab ein Versuch dieser Art nur 1,03 Procent Gewichtsverlust vom Salze.

Es wurde daher die Operation in einem bedeckten eisernen Tiegel vorgenommen, welcher in einen lutirten hessischen Tiegel eingesetzt war. Letzteren setzte man im Windofen eine Stunde einer starken Rothglühhitze aus, denn eine höhere Temperatur, wie zuweilen angegeben wird, ist nach meinen vielfältigen Erfahrungen zur vollständigen Zersetzung des Doppelcyanürs gar nicht nöthig. Die Wägung des Rückstandes wurde hierbei zwar unmöglich, und eine geringe Oxydation desselben ist auch nicht zu vermeiden, allein man erhält doch nach Entfernung der oberen Schicht die Masse hinreichend rein, um sie näher untersuchen zu können.

Der schwarze Rückstand, welcher immer ein deutlich krystallinisches Gefüge zeigt, an der Luft bald feucht wird, und dann nach Blausäure riecht, wurde sogleich gepulvert,

und mit schwachem Alkohol mehrfach ausgekocht und ausgewaschen. Man darf sich dazu des Wassers nicht bedienen, weil er sonst durch Oxydation des Eisens leicht braun wird. Die vom Cyankalium befreite schwarze Substanz wurde dann im Vacuo über Schwefelsäure getrocknet.

I. *a.* 0,501, an der Luft geglüht, gaben 0,52 Eisenoxyd. Dasselbe wurde in Chlorwasserstoffsäure gelöst und mit Ammoniak gefällt, = 0,51 = 0,357 Eisen. Die Flüssigkeit lieferte 0,014 Chlorkalium = 0,00735 Kalium; *b.* 0,497, für die Stickstoffbestimmung mit Natronkalk geglüht, gaben 0,078 Platinsalmiak = 0,00528 Stickstoff.

II. *a.* 0,928 Substanz von einer späteren Bereitung wurden mit Königswasser digerirt, und von der Kohle abfiltrirt, welche beim Verbrennen 0,039 Eisenoxyd zurückliefs, von dem durch Fällung mit Ammoniak noch 0,87, zusammen also 0,909 = 0,6363 Eisen erhalten wurden. Das Chlorkalium war = 0,038 = 0,02 Kalium; *b.* 0,533 mit Kupferoxyd und Sauerstoffgas verbrannt, gaben 0,578 Kohlensäure = 0,15764 Kohlenstoff.

Für 100 Th. giebt diefs:

	I.	II.
Kalium	1,47	2,15
Eisen	71,25	68,57
Kohlenstoff	-	29,58
Stickstoff	1,07	

Es ergiebt sich also, dafs dieser Körper, abgesehen von einem geringen Rückhalt an Cyankalium, wesentlich Eisenbicarburet, FeC^2, ist, denn ein solches besteht, der Rechnung zufolge, aus

Eisen	70,03
Kohlenstoff	29,97
	100.

Digerirt man die Substanz mit Chlorwasserstoffsäure, so verhält sie sich wie kohlenhaltiges Eisen überhaupt. Die Menge der Kohle, bei 100° getrocknet, fand ich = 27,9 Proc., so dafs also doch verhältnifsmäfsig nur wenig mit Wasserstoff verbunden fortgegangen war.

Calciumeisencyanür.

Ich hatte dieses Doppelsalz aus Wasserstoffeisencyanür und kohlensaurem Kalk dargestellt. Es schofs in gelben leichtlöslichen Krystallen an.

Nach **Berzelius**[1]) enthält es 12 At. Wasser, von denen $11\frac{1}{2}$ At. in mäfsiger Wärme entweichen, während der Rest erst bei der Zersetzung in stärkerer Hitze zum Vorschein kommt. Die Rechnung giebt für $2\,\text{CaCy} + \text{FeCy} + 12\,\dot{\text{H}}$, wenn $\text{Ca} = 251{,}9$ ist:

Cyancalcium	36,30	$= \dot{\text{Ca}}$ 22,14
Cyaneisen	21,25	$= \dddot{\text{Fe}}$ 15,75 $=$ Fe 11,03
Wasser	42,45	
	100.	

Der Gewichtsverlust beim Verwittern betrug 39,61 Proc. 11 At. würden 38,92 Proc., und $11\frac{1}{2}$ At. 40,69 Proc. Wasserverlust voraussetzen.

Meine Versuche haben nun folgende Resultate gegeben:

I.	1,947	verloren bis	200°	0,735 = 37,75	Proc.
II.	2,845	- -	250°	1,088 = 38,24	-

Da es schwer ist, wasserreiche verwitterbare Salze in dem richtigen Trockenheitszustande anzuwenden, so erklärt sich leicht die kleine Differenz zwischen **Berzelius**'s und meinen Versuchen.

Ich habe bei dieser Verbindung nur die Quantität des Destillationsrückstandes bestimmt, da die Zersetzung sich schon in einer kleinen Retorte über der Lampe ausführen läfst.

I. 1,947 des lufttrocknen Salzes gaben, nachdem sie bei 200° entwässert waren, noch etwas Wasser und nach Blausäure riechende Dämpfe, und nach halbstündigem Glühen 1,093 eines schwarzen Rückstandes.

II. 2,845 wurden zuerst bei 250° getrocknet, und lieferten dann 1,578 Rückstand.

In Procenten beträgt diefs:

1) Schweigg. Journ., Bd. 30, S. 12.

	I.	II.
vom lufttrocknen Salze	56,14	55,47
von dem bei 200° und 250° getrockneten	90,18	89,87

Dieser Rückstand ist, wie schon Berzelius angeführt hat [1]), ein Gemenge von Cyancalcium und Kohlenstoffeisen, indem sich reines Stickgas entwickelt. Danach berechnet, muſs er von dem Salze mit 12 At. Wasser 52,01 Proc., von dem mit ½ At. aber 87,73 Proc. betragen. Die Versuche geben zwar etwas mehr, aber die Zersetzung mag über der Lampe wohl nicht ganz vollständig seyn, und für genauere Wägungen ist die Wahl der Gefäſse und der nicht ganz zu vermeidende Luftzutritt hinderlich, wenn man die Operation zwischen Kohlen ausführen will.

Zinkeisencyanür.

Dieſs Doppelsalz war durch Fällung von schwefelsaurem Zinkoxyd und Wasserstoffeisencyanür bereitet.

I. 1,185 des lufttrocknen Pulvers verloren bei 200° 0,206 Wasser. In einer Retorte über der Lampe stärker erhitzt, lieferte es noch Wasser, wenig Gas, welches schwach nach Cyan und Blausäure roch, und zuletzt beim Glühen einen schwarzen Rückstand = 0,803. Als derselbe bei Luftzutritt erhitzt wurde, verglimmte er, und hinterlieſs 0,614 eines Gemenges von Zinkoxyd und Eisenoxyd.

Für 100 Th. betrug also: das bei 200° fortgegangene Wasser 17,38 Proc., die Menge der Oxyde 51,81 Proc.

Da letztere $= 2\dot{Zn} + \frac{1}{2}\dddot{Fe}$ sind, so entsprechen sie 73,2 Th. wasserfreien Doppelcyanürs, insofern letzteres enthält:

2 At. Zink	38,02 [2])	$= \dot{Zn}$ 47,37	} 70,78
1 - Eisen	16,39	$= \dddot{Fe}$ 23,41	
6 - Cyan	45,59		
	100.		

Das Salz enthielt mithin im Ganzen 26,8 Proc. Wasser, welche 7 At. entsprechen, die 26,90 Proc. voraussetzen.

1) A. a. O. S. 48.

2) Atomgew. des Zinks = 406,59.

II. Zu einem zweiten Versuche wurde ein Salz angewandt, welches zuvor im Wasserbade bei 100° eine Stunde lang getrocknet worden war. 1,582 desselben verloren bis 220° noch 0,077 = 4,87 Proc. Als der Rest stärker erhitzt wurde, gab er noch etwas Wasser, und zuletzt 1,244 Rückstand.

Wenn die Menge von Zink- und Eisenoxyd, welche dieser Rückstand liefern würde, nach den in I. erhaltenen berechnet wird, so macht sie 0,951 oder 60,12 Proc. auf 100 Th. Salz aus. 60,12 dieser Oxyde sind aber = 84,94 des wasserfreien Doppelcyanürs, so dafs das angewandte 15,06 Proc. Wasser enthielt, welche die Hälfte des im lufttrocknen Salze, nämlich $3\frac{1}{2}$ At., entsprechen, da letztere der Rechnung zufolge 15,54 Proc. betragen würden.

Betrachten wir nun die Natur des schwarzen Destillationsrückstandes näher. Seine Menge betrug 92,57 Proc. vom wasserfreien Salze. Da er, wie schon vorher bemerkt, beim Verbrennen 76,46 Proc. eines Gemenges hinterliefs, welches $4\,\dot{Z}n + \dddot{F}e$ ist, so enthält er 58,78 Proc. Metall, oder 41,07 Zn und 17,71 Fe.

Ferner gaben 0,41 bei der Verbrennung mit Kupferoxyd in Sauerstoffgas 0,337 Kohlensäure = 0,09191 Kohlenstoff.

Er enthält folglich:

Zink	41,07
Eisen	17,71
Kohlenstoff	21,88
Stickstoff (Verlust)	19,34
	100.

Diese Zahlen entsprechen 2 At. Zink, 1 At. Eisen, 6 At. Kohlenstoff und 4 At. Stickstoff; denn dafür giebt die Rechnung:

	Zink	41,41
	Eisen	17,85
	Kohlenstoff	22,91
(2N)	Stickstoff	17,83
		100.

Da 1 At. Zinkeisencyanür 6 At. Kohlenstoff und 6 At. Stickstoff enthält, so ist bei der Zersetzung 1 Aeq. = 2 At. Stickstoff fortgegangen, wonach die Menge des Rückstandes = 91,98 Proc. jenes Doppelcyanürs seyn müſste. Wie angeführt, hat der Versuch 92,57 gegeben.

Ueber die Constitution dieses Rückstandes ist es jedoch schwer, etwas zu sagen. Wollte man annehmen, das Cyanzink verhalte sich in dieser Verbindung wie für sich beim Erhitzen über der Lampe, wobei es, wie wir später sehen werden, nicht verändert wird, so kann der Rückstand als $2 Zn Cy + Fe C^2$ gedacht werden. Indessen muſs ich bemerken, daſs er, mit der Lupe betrachtet, eine Einmengung kleiner Metallkörner zeigt, wahrscheinlich metallisches Zink, und Chlorwasserstoffsäure ihn unter Entwicklung von Wasserstoffgas angreift.

Bleieisencyanür.

Dieſs Doppelcyanür wurde durch Fällung von essigsaurem Bleioxyd mittelst Kaliumeisencyanür dargestellt.

Berzelius hat es schon vor längerer Zeit genau untersucht [1]). Er fand es wasserfrei, und nach der Formel $2 Pb Cy + Fe Cy$ zusammengesetzt, welche nach den jetzt geltenden Atomgewichten folgende procentische Werthe giebt:

Blei	66,13
Eisen	8,96
Cyan	24,91
	100.

Derselbe Chemiker fand [2]), daſs es beim Erhitzen auſser ein wenig Feuchtigkeit und Cyanammonium reines Stickgas giebt, und zuletzt, unter einer Feuererscheinung, wenn die Temperatur rasch gesteigert wird, eine schwarze Masse zurückläſst, die beim Verbrennen an der Luft und nach der Behandlung mit Salpetersäure 98 Proc. Oxyde ($4 \dot{Pb} + \dddot{Fe}$)

1) Schweigg. Journ., Bd. 30, S. 20.

2) A. a. O. S. 48.

liefert. Er betrachtet sie in Folge dessen als eine Verbindung von Kohlenblei und Kohleneisen.

Ich wandte die bei 180° getrocknete Substanz an.

I. 2,112 Grm. gaben, in einer kleinen Retorte über der Lampe erhitzt, Spuren von Wasser und deutlich den Geruch des Cyans, welches auch an der Mündung des Apparats entzündet werden konnte, und hinterliefsen nach dem Glühen 1,904 Rückstand = 90,24 Proc.

II. 1,87 hinterliefsen 1,672 = 89,41 Proc.

0,687 Grm. dieses Rückstandes (von I.), mit Kupferoxyd in Sauerstoffgas verbrannt, gaben 0,233 Kohlensäure = 0,063545 Kohlenstoff = 9,25 Proc.

Nach dem bekannten Blei- und Eisengehalt des Doppelcyanürs enthält also der Rückstand:

Blei	73,28 = 78,94 $\dot{P}b$	} 93,14	
Eisen	9,93 = 14,20 $\dddot{F}e$		
Kohlenstoff	9,25		
Stickstoff (Verlust)	7,54		
	100.		

0,601 des Rückstandes (von II.) gaben beim Verbrennen an der Luft 0,558 eines Gemenges von Eisen- und Bleioxyd = 92,84 Proc.

Die angeführten Zahlen entsprechen 2 At. Blei, 1 At. Eisen, 4 At. Kohlenstoff und 3 At. Stickstoff, wonach der Rückstand enthalten mufs:

Blei	73,93
Eisen	10,01
Kohlenstoff	8,57
Stickstoff	7,49
	100.

Seine berechnete Menge von 100 Th. Bleieisencyanür ist dann = 89,46 Th.

Da jenes Salz 6 At. Kohlenstoff und 6 At. Stickstoff enthält, so sind 2 At. Kohlenstoff und 3 At. Stickstoff, $C^2 + N^3$, fortgegangen, d. h. Cy + N. Den Rückstand kann

man als bestehend aus Cyanblei, Paracyaneisen und Kohlenblei betrachten, da

$$Pb^2+Fe+C^4+N^3=(Pb+NC^2)+(Fe+NC)+PbC,$$

oder auch als ein Gemenge der Paracyanüre mit Kohle,

$$2(Pb+NC)+(Fe+NC)+C.$$

Kupfereisencyanür.

Berzelius beschreibt zwar [1]) das Verhalten dieses Doppelcyanürs bei der Destillation, doch beziehen sich seine Angaben höchst wahrscheinlich auf ein mittelst Kaliumeisencyanür dargestelltes Salz, welches, den späteren Untersuchungen Mosander's zufolge, stets kaliumhaltig ist [2]).

Ich habe die reine Verbindung deshalb durch Eintröpfeln von Wasserstoffeisencyanür theils in überschüssiges essigsaures, theils schwefelsaures Kupferoxyd bereitet. Sie ist ein braunrothes Pulver, dessen theoretische Zusammensetzung folgende ist:

Kupfer	37,40	$=\dot{C}u$ 46,85	70,51
Eisen	16,56	$=\dddot{F}e$ 23,66	
Cyan	40,04		
	100.		

Aber das lufttrockne Salz enthält chemisch gebundenes Wasser. Eine Partie wurde so lange über Schwefelsäure aufbewahrt, bis ihr Gewicht sich nicht mehr änderte. 0,48 des so getrockneten Salzes, an der Luft erhitzt, wurden blau, gaben Cyangas, und hinterliefsen nach dem Glühen 0,245 eines Gemenges beider Oxyde = 51,04 Procent, welche = 39,06 ihrer metallischen Bestandtheile sind. Das Salz enthielt folglich:

		Berechnet:		
Kupfereisencyanür	72,39	1 At.	72,90	= 39,33 Cu und Fe
Wasser	27,61	7 -	27,10	
	100.		100.	

1) A. a. O. S. 50.

2) S. Berzelius Lehrbuch, 3te Aufl. IV. 558.

Es ist demnach $(2 CuCy + FeCy) + 7 \dot{H}$.

Man kann es ohne Zersetzung von diesem Wassergehalt nicht befreien, denn schon bei etwa 150° ist es blau und entwickelt Cyan, später etwas Ammoniak.

Die Destillation wurde mit im Wasserbade getrockneten Proben unternommen, deren Wassergehalt jedoch verschieden war, wahrscheinlich weil nicht immer das Trocknen hinreichend lange fortgesetzt war. Deshalb schwankten auch die Mengen des Rückstandes in drei Versuchen zwischen 76,48 — 73,27 — 68,57 und 63,26 Proc.

Dieser Rückstand besitzt eine bräunlichschwarze Farbe; mit Chlorwasserstoffsäure erhitzt giebt er Blausäure, wird aber anscheinend wenig angegriffen; die Flüssigkeit ist farblos, wird aber nach einiger Zeit gelb. Salpetersäure löst ihn unter Abscheidung einer kohligen Masse auf.

I. 0,738 gaben, an der Luft verbrannt, und nachher noch mit Salpetersäure behandelt, 0,653 Oxyde = 88,48 Procent.

II. 0,553 lieferten 0,497 Oxyde = 89,87 Proc.

III. 0,527 waren = 0,485 derselben = 92,03 Proc.

IV. 0,434, mit Kupferoxyd und Sauerstoffgas verbrannt, gaben 0,246 Kohlensäure = 0,06709 Kohlenstoff = 15,46 Procent.

Das Mittel der Oxyde ist = 90,13, welche = 68,97 Metall sind, so dafs der Rückstand enthält:

Kupfer	47,80
Eisen	21,17
Kohlenstoff	15,57
Stickstoff (Verlust)	15,57
	100.

Diese Zahlenwerthe entsprechen 6 At. Kupfer, 3 At. Eisen, 10 At. Kohle und 9 At. Stickstoff (9 N), wonach die Zusammensetzung seyn müfste:

Kupfer	47,83
Eisen	21,18
Kohlenstoff	15,11
Stickstoff	15,88
	100.

Die Metalle darin bilden 90,18 Proc. Oxyde, was mit dem gefundenen Mittel genau übereinstimmt.

Da das Doppelcyanür auf 6 At. Kupfer und 3 At. Eisen 18 At. Kohlenstoff und 18 At. Stickstoff enthält, so sind $C^8 + N^9$, d. h. 4 Cy + N entweichen.

Den Rückstand selbst mag man sich als 6(Cu + NC) + 3(Fe + NC) + C, d. h. als Paracyankupfer, Paracyaneisen und Kohle vorstellen.

Es könnte viel einfacher erscheinen, anzunehmen, daſs nicht allein vom Stickstoff, sondern auch vom Kohlenstoff gerade die Hälfte in dem Rückstand geblieben wäre. Dann müſste er, zwar weniger gut mit den Versuchen harmonirend, 48,57 Kupfer, 21,51 Eisen, 13,81 Kohlenstoff und 16,11 Stickstoff enthalten, und beim Verbrennen 91,57 Proc. Oxyde gegeben haben. Allein in Betracht dessen, daſs bei der Zersetzung des Salzes die Gegenwart von Wasser nicht vermieden werden kann, ist es in hohem Grade wahrscheinlich, daſs nur Cyangas entweichen würde, wenn die Verbindung wasserfrei wäre. Der Rückstand würde dann 2 At. Kupfer, 1 At. Eisen, 3 At. Kohlenstoff und 3 At. Stickstoff enthalten, d. h. er würde aus Kupfercyanür und Eisenparacyanür bestehen, $CuC^2N + FeCN$.

Cyanzink.

Theoretische Zusammensetzung, wenn Zn = 406,59 ist:

Zink	55,57	
Cyan	44,43	= C 20,5 N 23,93
	100.	

Es war aus essigsaurem Zinkoxyd durch Cyanwasserstoffsäure gefällt worden, und ist wasserfrei.

2,523 wurden in einer kleinen Retorte über der Lampe eine Stunde lang möglichst stark erhitzt. Sie gaben keine bemerkbaren flüchtigen Produkte, und die grauweiſse Masse hatte nur 0,027 = 1,07 Proc. an Gewicht verloren.

Es löste sich in diesem Zustande in Chlorwasserstoffsäure unter Entwicklung von Blausäure auf, und nur we-

nige braune Flocken schieden sich dabei ab. Das Cyanzink wird folglich durch schwache Glühhitze nicht verändert.

Es wurde deshalb in einem bedeckten Porzellantiegel, der in einem lutirten hessischen Schmelztiegel stand, im Windofen etwa eine Stunde geglüht. Dadurch war es in eine lockere schwarze Masse verwandelt, während der Tiegel aufserhalb mit Zinkoxyd beschlagen war.

I. 3,248 hinterliefsen 2,675 Rückstand = 82,36 Proc.
II. 5,89 gaben 4,45 = 75,55 Proc.
III. 2,826 gaben 2,496 = 88,32 Proc.

In diesen Rückständen wurde nur der Gehalt an Zink und Kohlenstoff bestimmt.

I. *a.* 0,699 wurden mit Chlorwasserstoffsäure erhitzt, wobei sich weder Wasserstoffgas noch Blausäure entbanden. Nach dem Zusatz von Salpetersäure, wo eine lebhafte Einwirkung stattfand, und nach längerem Erhitzen wurde die Flüssigkeit von dem schwarzen Rest abfiltrirt, und mit kohlensaurem Natron kochend gefällt. Sie gab mit Einschlufs des wenigen beim Verbrennen jenes Restes erhaltenen an Zinkoxyd 0,487 = 0,39086 Zink. *b.* 0,264, mit Kupferoxyd und Sauerstoffgas verbrannt, gaben 0,208 Kohlensäure = 0,05672 Kohlenstoff.

II. *a.* 1,302 gaben auf gleiche Art 0,846 Zinkoxyd = 0,679 Zink. *b.* 0,377 lieferten 0,331 Kohlensäure = 0,09027 Kohlenstoff.

In 100 Th. also:

	I.	II.
Zink	55,92	52,15
Kohlenstoff	21,49	23,94
Stickstoff (Verlust)	22,59	23,91
	100.	100.

Es ist bemerkenswerth, dafs das Cyanzink selbst ein halbstündiges Glühen im Windofen ohne Zersetzung ertragen kann, denn ich fand es zuweilen, wenn nicht sehr starkes Feuer gegeben war, nur grau, und in Chlorwasserstoffsäure unter Blausäureentwicklung auflöslich.

Cyannickel.

Es war ebenso wie das Zinksalz dargestellt worden. Theoretische Zusammensetzung:

Nickel	53,21	
Cyan	46,79	= C 21,59 N 25,2
	100.	

Ich habe schon vor längerer Zeit gezeigt[1]), dafs diefs Salz $1\frac{1}{2}$ At. Wasser enthält, = 19,54 Proc., was die vorliegenden Versuche bestätigen. 3,444 verloren nämlich bei 200° 0,703 = 20,41 Proc. Das wasserfreie Salz ist von gelber Farbe.

Erhitzt man das entwässerte Cyannickel in einer Retorte über der Lampe, so entweicht ein Gas von cyan- oder blausäureartigem Geruch, die Masse wird schwarz, und zeigt eine lebhafte und glänzende Feuererscheinung, wobei sie ihr Volum sehr vergröfsert. Ein Theil wird dabei aus der Retorte herausgeschleudert, was nur im zweiten Versuche gesammelt wurde.

I. 2,839 gaben 1,92 Rückstand = 67,63 Proc.

II. 2,649 lieferten 1,878 = 70,78 Proc.

Die Bestimmung des Nickel- und Kohlenstoffgehalts führte zu folgenden Resultaten:

I. *a.* 0,504, an der Luft verbrannt, hinterliefsen 0,437 Nickeloxyd = 0,34396 Nickel. *b.* 0,377, mit Kupferoxyd und Sauerstoffgas verbrannt, gaben 0,363 Kohlensäure = 0,099 Kohlenstoff.

II. *a.* 0,457 hinterliefsen 0,387 Nickeloxyd, welche, in Wasserstoffgas reducirt, 0,3128 Nickel gaben. *b.* Aus 0,321 wurden 0,318 Kohlensäure = 0,0867 Kohlenstoff erhalten.

Diefs macht für 100 Th.:

	I.	II.
Nickel	68,26	68,46
Kohlenstoff	26,26	27,02
Stickstoff (Verlust)	5,48	4,52
	100.	100.

1) Poggend. Ann., Bd. 42, S. 115.

Die Bestandtheile kommen hier dem atomistischen Verhältnifs von 6 : 12 : 2 nahe, da sie alsdann seyn würden:

Nickel	67,36	6	At.
Kohlenstoff	27,33	12	-
Stickstoff	4,31	2	- (1 Aeq.)
	100.		

6 At. Cyannickel sind $= Ni^6 C^{12} N^{12}$,
der Rückstand ist $= Ni^6 C^{12} N^2$,
es ist folglich $\frac{5}{6}$ des Stickstoffs entwichen, und man kann diesen Rückstand als Paracyannickel und Kohlenstoffnickel

$$2(Ni + NC) + 2 Ni^2 C^5$$

und letzteres vielleicht als ein Gemenge von Carburet und Kohle betrachten.

Da bei der im Augenblick des Feuerphänomens eintretenden heftigen Stickgasentwicklung ein Theil der Masse fortgeführt wird, so läfst sich ihre Menge, die immer zu gering ausfallen wird, nicht genau bestimmen, und wir können daher auch nicht hoffen, dafs die nach der angenommenen Zusammensetzung des Rückstandes berechnete mit der gefundenen stimmen werde. Es sollen in der That 79 Proc. erhalten werden, während der Versuch höchstens etwa 71 gegeben hat.

Cyankobalt.

Es war gleichfalls aus essigsaurem Kobaltoxyd durch Cyanwasserstoffsäure gefällt worden. Ich habe darin früher schon 3 At. Wasser nachgewiesen [1]). Es ist nämlich die theoretische Zusammensetzung für Co Cy:

Kobalt	53,17
Cyan	46,83 = C 21,61 N 25,22
	100.

3 At. Wasser sind = 32,71 Proc., während 32,28 gefunden wurden.

Wenn

1) Poggend. Ann., Bd. 42, S. 115.

Wenn man das Salz im Wasserbade austrocknet, so verliert es nur wenig am Gewicht, und nimmt dabei eine violette Farbe an. In diesem Zustande gab es beim Erhitzen bis 200° 14,6 — 15,9 Proc. Wasser ab, und wurde lebhaft blau. Es enthält dann aber noch Wasser, wie man theils beim Erhitzen sieht, theils aus der Menge des Rückstandes und seinem Kobaltgehalt leicht berechnen kann. Man findet dann, aus den sogleich anzuführenden Daten, dafs es bei 200° noch 13,5 — 15,96 Proc. Wasser enthalten mufs, so dafs also bei jener Temperatur die Hälfte, $1\frac{1}{2}$ Atome, fortgegangen sind.

Bei der Destillation liefert das Cyankobalt, aufser dem Wasser, noch ein wenig Ammoniak und nach Blausäure riechendes brennbares Gas; später tritt eine eben so glänzende Feuererscheinung, wie beim Nickelsalze ein, der Rückstand ist schwarz, voluminös, und verändert sich dann nicht weiter.

I. 1,655 des bei 200° getrockneten Salzes gaben 1,052 Rückstand = 63,56 Proc.

II. 2,701 gaben 1,734 = 64,2 Proc.

Ich habe darin den Kobalt- und Kohlenstoffgehalt bestimmt.

I. 0,223, an der Luft verbrannt, hinterliefsen 0,211 schwarzes Kobaltoxyd. Durch Reduction in Wasserstoffgas fand sich darin 0,1585 Kobalt, so dafs diefs Oxyd $Co^6 O^7 = 4\dot{C}o + \dddot{C}o$ war.

II. *a*) 0,462 lieferten eben so 0,428 Oxyd, worin nach I. 0,3215 Kobalt enthalten sind.

b) 0,37 gaben, mit Kupferoxyd und Sauerstoffgas verbrannt, 0,354 Kohlensäure = 0,0965 Kohlenstoff.

In 100 Theilen also:

	I.	II.
Kobalt	71,08	69,59
Kohlenstoff		26,09
Stickstoff (Verlust)		4,32
		100.

Dieser Rückstand scheint eben so zusammengesetzt, wie der vom Nickelsalze, denn $Co^6 + C^{12} + N$ geben:

Kobalt	67,30
Kohlenstoff	27,36
Stickstoff	5,34
	100.

Danach mufs seine Menge von 100 Th. Co Cy + $1\frac{1}{2}\dot{H}$ = 63,55 Proc. seyn, was mit der gefundenen übereinstimmt.

Kupfercyanür.

Schon vor längerer Zeit habe ich nachgewiesen [1]), dafs das gelbe Kupfercyanid, so wie das grüne krystallisirte Cyanürcyanid sich bei 100° in weifses Kupfercyanür, Cu Cy, verwandeln, welches also die einzige Verbindung ist, deren Verhalten in höherer Temperatur man näher prüfen kann.

Erhitzt man getrocknetes Kupfercyanür in einem Destillationsapparate, so wird es braun, giebt, weil es sehr hygroskopisch ist, ein wenig Wasser, ferner etwas Gas, welches nach Blausäure und Cyan riecht, und schmilzt dann, wenn man die Hitze bis zum Glühen des Glasapparats steigert, zu einer braunen Flüssigkeit. Dabei verliert es jedoch nur unbedeutend am Gewicht, indem drei Proben 1,1 Proc., 0,99 Proc., und, bei einem nicht vollständig trocknen Material, 2,87 Proc. Verlust ergaben.

Das entwickelte Gas betrug von 2,73 Grm. 23 C.C. bei 16° und 761 Millim. Barom., = 21,7 C.C. bei 0°. In einem zweiten Versuche, wobei in die Mefsröhre etwas Kalihydrat gebracht worden, waren aus 1,825 Grm. 12,5 C.C. bei 16° = 11,8 C.C. von 0° erhalten worden.

Es lieferten also 1,000 Grm. 7,95 C.C. Gas, wovon 1,48 von Kali absorbirt wurden.

Diese Mengen sind so unbedeutend, dafs sie von keiner wesentlichen Zersetzung des Kupfercyanürs herzuleiten sind.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 42, S. 120.

Das geschmolzene Salz läfst sich von Neuem über der Lampe schmelzen und glühen, ohne am Gewicht oder sonst wie sich zu verändern. Zu Chlorwasserstoffsäure verhält es sich, wie das ungeschmolzene, indem nur wenige braune Flocken sich abscheiden. Gepulvert, und mit Cyankaliumauflösung erwärmt, löst es sich bis auf einen geringen Rückstand darin auf. Eben so verhält es sich zu Kalilauge, wobei sich natürlich Kupferoxydul abscheidet. Es enthält also vielleicht nur eine kleine Menge von Paracyankupfer.

Wenn man aber das so behandelte Kupfercyanür einer stärkeren Hitze aussetzt, als eine Weingeistlampe hervorbringen kann, so tritt eine sichtliche Veränderung ein. Als eine Portion des Salzes in einem bedeckten Porcellantiegel, welcher in einem lutirten hessischen Tiegel stand, der Hitze des Windofens länger als eine halbe Stunde ausgesetzt worden, so zeigte nach dem Erkalten der äufsere Tiegel innerhalb einen braunschwarzen Beschlag, der kleinere war auf der Aufsenseite gleichfalls roth und schwarz, durch $\dot{Cu}$ und $\dot{Cu}$ gefärbt, und am Rande zeigte sich biegsames metallisches Kupfer unter der oxydirten Kruste. Was noch im Tiegel geblieben war, hatte ein poröses schwarzgraues Ansehen, und mit der Lupe liefsen sich sehr kleine kupferrothe Partien darin wahrnehmen.

Zur Untersuchung wurde dieser Rückstand, nachdem die oxydirten Stellen entfernt worden, zerrieben und möglichst sorgfältig gemischt.

I. 2,409 Grm., mit mäfsig starker Chlorwasserstoffsäure übergossen und digerirt, gaben eine reichliche Entwicklung von Blausäure, und einen leichten kohligen Rückstand nebst metallischem Kupfer. Das Ganze wurde filtrirt, und durch Säurezusatz die Abscheidung von Kupferchlorür vermieden. Die mittelst Salpetersäure oxydirte Flüssigkeit lieferte, mit Kali gefällt, 0,684 Kupferoxyd =0,546 Kupfer =22,67 Procent.

Das rückständige Metall wurde gleichfalls in Salpetersäure aufgelöst, und gab 1,403 Oxyd =1,12 Metall =46,49 Proc.

II. 1,762 wurden mit Kupferoxyd und Sauerstoffgas verbrannt, und gaben 0,679 Kohlensäure 0,18518 Kohlenstoff = 10,51 Proc.

100 Th. enthalten folglich:

Kupfer	69,16
Kohlenstoff	10,51

Nun enthält die Substanz, wie aus dem Vorigen sich ergiebt, eine gewisse Menge unverändertes Cyanür, dessen Kupfer = 22,67 gefunden wurde. Berechnet man die dazu nöthigen Mengen C und N, so enthält der Rückstand:

Kupfer	22,67	
Kohlenstoff	4,29	31,98 €u€y.
Stickstoff	5,02	
Kupfer	46,49	
Kohlenstoff	5,22	68,02
Stickstoff als Verlust	16,31	

Ich halte es für sehr wahrscheinlich, dafs diese 68,02 Paracyankupfer sind, und dafs die Kohlenstoffbestimmung etwas zu niedrig ausgefallen ist, vor Allem aber, dafs etwas Kupfer durch die eingedrungene Luft bei der Darstellung der Substanz oxydirt wurde, weshalb auch die Menge des Kupfers eigentlich geringer seyn sollte, und in dem Verlust auch Sauerstoff enthalten ist. Jene 46,49 Kupfer würden 8,8 Kohlenstoff + 10,3 Stickstoff erfordern.

Es mufs sich also das Kupferparacyanür durch die Säure in seine beiden Bestandtheile zersetzt haben, welche für sich abgeschieden wurden.

Platincyanür.

Wenn man Kaliumplatincyanür mit salpetersaurem Quecksilberoxydul niederschlägt, so erhält man ein *hellblaues* Pulver, welches mit kaltem Wasser ausgesüfst werden kann, aber, mit Wasser gekocht, *weifs* wird, indem sich dann salpetersaures Quecksilberoxydul auflöst.

Döbereiner, welcher diese Beobachtungen gemacht [1]), und die Eigenschaften beider Körper untersucht hat, nimmt

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 37, S. 545.

in Folge dessen an, die weiſse Substanz sey Quecksilberplatincyanür, und die blaue eine Verbindung desselben mit salpetersaurem Quecksilberoxydul. Ich habe versucht, dieſs auf analytischem Wege nachzuweisen.

Die blaue Substanz war über Schwefelsäure getrocknet worden. 2,243 wurden mit Wasser gekocht, bis die Farbe in weiſs übergegangen war. Der Rest, auf ein gewogenes Filtrum gebracht, betrug nach dem Trocknen 1,874. Die Auflösung wurde mit Chlorwasserstoffsäure gefällt, und 0,251 Quecksilberchlorür =0,2217 Oxydul erhalten. 100 Theile enthalten hiernach:

Quecksilberplatincyanür	83,55
Quecksilberoxydul	9,89
Salpetersäure und Wasser	6,56
	100.

Wenn man annimmt, daſs das salpetersaure Salz neutral ist, so muſs es 10 At. Wasser enthalten, und die blaue Verbindung ist dann:

$$(\dot{Hy}\overset{\therefore}{N} + 10\dot{H}) + 5(Hy\,Cy + Pt\,Cy),$$

	Berechnet.
Quecksilberplatincyanür	83,28
Quecksilberoxydul	9,88
Salpetersäure	2,56
Wasser	4,28
	100. [1]

IX. *Ueber ein neues Kaliumkupfercyanür; von C. Rammelsberg.*

Schon bei meinen früheren Versuchen über die beiden Verbindungen von Kupfercyanür und Cyankalium [2]) erhielt

1) Atomgewicht des Quecksilbers =1250,6.

2) Poggendorff's Annalen, Bd. 42, S. 120.

ich oft eine, dem Ansehen nach von ihnen verschiedene dritte als ein deutlich krystallinisches Pulver, jedoch nie hinreichend rein, um sie näher untersuchen zu können.

Dem Aeufseren nach damit übereinstimmend war ein Salz, welches durch Behandlung des über der Lampe geschmolzenen Kupfercyanürs mit Kalilauge erhalten wurde, ein weifses krystallinisches Pulver, in Wasser nicht ganz leicht auflöslich, durch Säuren unter Abscheidung von Kupfercyanür zersetzbar.

0,629 desselben wurden mit Schwefelsäure zersetzt, das Kupfer durch Schwefelwasserstoffgas, und in dem Filtrat das Kali bestimmt. Man erhielt 0,383 Kupferoxyd = 0,3057 Kupfer, und 0,213 schwefelsaures Kali = 0,115169 Kalium.

In 100 Theilen folglich:

Kalium	18,31	=	30,46	Cyankalium
Kupfer	48,61	=	68,57	Kupfercyanür
			99,03.	

Diefs ist eine Verbindung $= 2\,K\,Cy + 3\,Cu\,Cy$, welche enthalten mufs:

Kalium	19,68
Kupfer	47,68
Cyan	32,64
	100.

Es steht diefs Salz folglich zwischen den beiden bereits bekannten Verbindungen.

X. *Neue Methode, die Magnesia von den Alkalien zu scheiden; von W. Heintz.*

Um die Talkerde von den Alkalien zu scheiden, sind bis jetzt nur zwei Methoden bekannt, welche beide auf die Unlöslichkeit der reinen Magnesia in Wasser sich gründen. Die ältere dieser beiden Methoden ist sehr umständlich, namentlich, wenn, wie in den meisten Fällen, ehe man zur Scheidung der Magnesia von den Alkalien schreitet, zuvor andere Basen ausgeschieden werden müssen, und wenn verschiedene Säuren in der Flüssigkeit enthalten sind. Man hat dann diese zunächst abzudampfen, den von etwa vorhandenen Ammoniaksalzen durch Erhitzen befreiten Rückstand mit Schwefelsäure zu versetzen und zu glühen. Die wieder aufgelöste Masse muſs dann mit essigsaurem Baryt gefällt und die Flüssigkeit vom Niederschlage getrennt werden. Die von Neuem zur Trockne gebrachte Masse muſs wiederum geglüht werden. Zieht man nun mit Wasser aus, so bleibt auſser Magnesia noch kohlensaure Baryterde ungelöst, welche erst wieder abgeschieden werden muſs, ehe jene bestimmt werden kann.

Nach der von Liebig [1]) angegebenen Methode müssen die Basen gleichfalls durch Abdampfen und Glühen mit Schwefelsäure in schwefelsaure verwandelt werden. Aus der wieder gelösten Masse muſs man dann mit Schwefelbaryum oder Barytwasser die Magnesia niederschlagen, wobei jedoch auch schwefelsaurer Baryt niederfällt, von welchem jene noch wieder geschieden werden muſs. Diese Methode ist schon viel bequemer, als die zuerst angeführte, und giebt auch namentlich nach den Versuchen von Fresenius [2]) hinreichend genaue Resultate.

1) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 11, S. 255,

2) Anleitung zur quantit. chemischen Analyse; von Fresenius. S. 446 und 479.

Noch bequemer aber möchte die im Folgenden angegebene Methode seyn:

Die Lösung der drei Basen wird mit Ammoniak im Ueberschufs, und wenn nicht schon Chlorverbindungen in derselben vorhanden seyn sollten, mit einigen Tropfen Salmiaklösung versetzt. Weshalb letztere hinzugefügt werden mufs, werde ich weiter unten auseinandersetzen. Entsteht dadurch eine Trübung, so setzt man so lange Salmiaklösung hinzu bis dieselbe wieder verschwindet. Darauf fällt man die Magnesia durch phosphorsaures Ammoniak, wäscht den Niederschlag mit ammoniakhaltendem Wasser aus, trocknet, glüht und wägt ihn. Aus der in eine Schale abfiltrirten Flüssigkeit wird, nachdem sie durch Abdampfen möglichst von dem freien Ammoniak befreit worden ist, durch Zusatz von salpetersaurem oder essigsaurem Bleioxyd in der Kochhitze die Phosphorsäure gefällt. Nachdem man sich überzeugt hat, dafs ein Ueberschufs des Bleisalzes hinzugefügt ist, setzt man mit Ammoniak versetztes kohlensaures Ammoniak zu der noch heifsen Flüssigkeit und läfst sie einige Minuten stehen. Darauf filtrirt man, und bestimmt die Menge des im Filtrat enthaltenen Kali und Natron nach bekannten Methoden.

Dafs die Magnesia als pyrophosphorsaure Magnesia genau bestimmt werden kann, hat schon Fresenius [1]) bewiesen. Dafs die Phosphorsäure durch ein Bleisalz nicht allein aus der neutralen, sondern auch aus der mit Essigsäure angesäuerten Lösung selbst bei Gegenwart von Ammoniaksalzen hinreichend vollständig gefällt werden kann, habe ich in meinem Aufsatze »Ueber die quantitative Bestimmung der Aschenbestandtheile« nachgewiesen [2]). Dafs endlich das Bleioxyd aus seiner Lösung durch eine Mischung von Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak vollständig gefällt werden kann, ist schon lange bekannt, und von Fresenius [3]) neuerdings durch Versuche dargethan worden.

1) Anleitung zur quantit. chem. Analyse; von Fresenius, S. 466 u. 479.
2) Diese Annalen, Bd. 72, S. 133 u. ff.
3) Anleit. z. quant chem. Analyse; von Fresenius, S. 469.

Nur eins bleibt noch nachzuweisen, dafs nämlich das phosphorsaure Bleioxyd, welches bei Fällung der überschüssig zugesetzten Phosphorsäure durch ein Bleisalz nach obiger Methode erhalten wird, nicht durch Zusatz von Ammoniak auf die Weise zersetzt wird, dafs etwas der Phosphorsäure in die Lösung wieder übergeht. Nach den Versuchen von Berzelius [1]), welche ich auch in dem folgenden Aufsatze bestätigt habe, kann allerdings aus demjenigen Bleisalze der Phosphorsäure, welches auf ein Atom der Säure zwei Atome Bleioxyd enthält, durch Ammoniak Phosphorsäure ausgezogen werden. Dasjenige Salz aber, welches drei Atome Bleioxyd auf ein Atom der Säure enthält, wird durch Ammoniak gar nicht verändert. Fällt man nun ein phosphorsaures Salz durch salpetersaures oder essigsaures Bleioxyd, so könnte der Niederschlag noch leicht etwas desjenigen Salzes enthalten, welches bei der Digestion mit Ammoniak Phosphorsäure an die Lösung abgiebt, wie diefs aus dem nächstfolgenden Aufsatze zu entnehmen ist. Ist aber zugleich Chlor in der Flüssigkeit enthalten, so mufs sich jedenfalls eine der beiden dort besprochenen Verbindungen des dreibasischen phosphorsauren Bleioxyds mit Chlorblei bilden, welche, eben weil sie nur das Salz von der Formel $\dddot{\dot{P}}\dot{P}b^3$ enthalten, wenn sie mit Ammoniak digerirt werden, keine Phosphorsäure an die Flüssigkeit abgeben können. Diefs ist der Grund, weshalb man bei der beschriebenen Methode für die Anwesenheit von Chlor in der Flüssigkeit Sorge tragen mufs.

Um direct zu beweisen, dafs auch das kohlensaure Ammoniak keinen Einflufs auf die Zusammensetzung des besprochenen Bleiniederschlags hat, fällte ich eine mit Salmiaklösung gemischte heifse Lösung von phosphorsaurem Natron mit salpetersaurem Bleioxyd, schlug das überschüssige Bleioxyd durch eine Mischung von Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak nieder, und filtrirte die Flüssigkeit klar ab. Schwefelwasserstoff zeigte keine Spur Bleioxyd in derselben an. Nachdem sie stark eingedampft und das

1) *Annal. de chim. et de phys., II, p.* 161.

dabei verflüchtigte Ammoniak ersetzt worden war, wurde etwas schwefelsaure Talkerde hinzugefügt. Es war keine Trübung zu bemerken. Erst nach 24 Stunden fanden sich am Boden und den Wänden des Gläschens wenige Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde vor. Die Quantität derselben war so gering, dafs sie nicht gewogen werden konnte. Eine so geringe Menge Phosphorsäure kann natürlich keinen Einflufs auf die Bestimmung der Alkalien haben. Doch ist zu bemerken, dafs bei Gegenwart von Lithion diese Methode natürlich nicht brauchbar ist.

Indem ich mit dem Niederschreiben dieses Aufsatzes beschäftigt war, erhielt ich das erste und zweite Heft des 41. Bandes vom Journ. für pract. Chemie, in welchem sich ein Aufsatz von Erdmann über Aschenanalysen (S. 89) befindet. Dieser wendet bei denselben eine auf denselben Principien basirte Methode der Trennung der Magnesia von den Alkalien an. Da er aber einerseits nicht darauf aufmerksam macht, dafs diese Methode in allen Fällen die bequemste ist, um die Talkerde von den Alkalien zu scheiden, andererseits aber die von ihm beschriebene Methode doch noch umständlicher ist, als die oben von mir angegebene, so habe ich nicht unterlassen wollen, dieselbe dennoch bekannt zu machen.

XI. *Ueber die Verbindungen des Bleioxyds mit der gewöhnlichen Phosphorsäure; von W. Heintz.*

Unsere Kenntnisse über die Salze, welche die gewöhnliche Phosphorsäure mit dem Bleioxyde bildet, sind zuerst von Berzelius in seiner denkwürdigen Arbeit: Ueber die Zusammensetzung der Phosphorsäure und über ihre Verbindungen mit den salzfähigen Basen [1]) begründet worden. [Na]ch ihm erhält man dasjenige Salz derselben, welches 2 At.

1) *Ann. de chim. et de Phys., II, p.* 151.

Bleioxyd auf ein Atom der Säure enthält, wenn eine heiſse Auflösung von Chlorblei in eine Lösung von gewöhnlichem phosphorsauren Natron ($\overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{P}}\dot{\text{N}}\text{a}^2 + \dot{\text{H}}$) gegossen wird. Ein saures Salz entsteht dagegen, nach ihm, wenn eine heiſse Chlorbleilösung durch eine Auflösung von saurem phosphorsauren Natron ($\overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{P}}\dot{\text{N}}\text{a} + 2\dot{\text{H}}$) niedergeschlagen wird. Endlich erhält man das Salz mit drei Atomen Bleioxyd ($\overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{P}}\dot{\text{P}}\text{b}^3$), wenn das zuerst angeführte Bleisalz mit Ammoniak digerirt wird. Dieselbe Verbindung erhält man auch, nach Mitscherlich's [1]) Angabe, wenn gewöhnliches phosphorsaures Natron durch einen Ueberschuſs von essigsaurem Bleioxyd gefällt und die Mischung gekocht wird.

Einige Beobachtungen, welche ich bei Gelegenheit meiner Arbeit »Ueber die quantitative Bestimmung der Aschenbestandtheile« [2]) machte, gaben mir die Ueberzeugung, daſs einige der hier aufgeführten Angaben nicht ganz richtig seyn können. Ich fand nämlich, daſs wenn phosphorsaures Bleioxyd aus einer Flüssigkeit gefällt wurde, welche zugleich eine Chlorverbindung enthielt, im erhaltenen Niederschlage, mochte er noch so lange ausgewaschen worden seyn, namentlich so lange bis in dem Waschwasser keine Spur von Chlor mehr nachgewiesen werden konnte, sich stets nicht unbeträchtliche Mengen von Chlor auffinden lieſsen. Ich kam daher zu der Vermuthung, dieser Niederschlag möchte den natürlich vorkommenden Buntbleierzen analog zusammengesetzt seyn, das heiſst der Formel ($3\overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{P}}\dot{\text{P}}\text{b}^3 + \text{ClPb}$) entsprechen. Die genauere Untersuchung jenes Niederschlags hat diese Vermuthung bestätigt; ich bin dadurch aber zugleich zur Auffindung einer anderen Verbindung von der Formel $2\overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{P}}\dot{\text{P}}\text{b}^3 + \text{ClPb}$ gelangt.

1) $3\overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{P}}\dot{\text{P}}\text{b}^3 + \text{ClPb} + \dot{\text{H}}$.

Man erhält diese Verbindung, wenn man eine kochendheiſse Lösung von Chlorblei in eine gleichfalls kochende Lösung von gewöhnlichem phosphorsauren Natron mit der

1) *Ann. de chim. et de phys., XIX, p.* 368.
2) Diese Annalen, Bd. 72, S. 113.

Vorsorge, dafs letzteres im Ueberschufs bleibt, schüttet, und das Ganze noch einige Zeit kocht. Man bringt den Niederschlag auf ein Filtrum und wäscht ihn mit kochendem Wasser vollständig aus. Diese Verbindung ist in Wasser unlöslich, löst sich auch schwer in concentrirter Salpetersäure auf, indem sie Veranlassung zur Bildung des von Berzelius entdeckten, in Salpetersäure schwer löslichen Doppelsalzes von salpetersaurem und phosphorsaurem Bleioxyd giebt. Dagegen in verdünnter Salpetersäure löst sie sich leicht auf. Wenn sie in einem Glasrohr geglüht wird, so verliert sie Wasser, und zuweilen auch geringe Mengen von Chlorblei, letzteres aber wahrscheinlich nur, wenn sie noch Spuren der anderen Verbindung des Chlorbleis und des phosphorsauren Bleioxyds enthält. Sie verändert dabei ihre Farbe nicht. Vor dem Löthrohr schmilzt sie, und die Perle derselben zeigt beim Erkalten die bekannten Erscheinungen des Krystallisirens und Erglühens. In der inneren Flamme desselben auf Kohle geglüht, giebt sie einen gelben Beschlag von Bleioxyd aus.

Die Methode der Analyse, welche ich bei Untersuchung dieser Verbindungen befolgte, war folgende; die bei 130° C. getrocknete Substanz wurde in einer Mischung von gleichen Theilen Salpetersäure und Wasser gelöst, und das in der Lösung enthaltene Chlor durch salpetersaures Silberoxyd auf die bekannte Weise abgeschieden und bestimmt. Ein anderer Theil derselben wurde gleichfalls in möglichst wenig verdünnter Salpetersäure gelöst, und aus der Lösung mittelst Schwefelsäure und Alkohol das Bleioxyd als schwefelsaures Salz vollständig gefällt. Der Niederschlag wurde mit einer Mischung von gleichen Theilen Alkohol und Wasser ausgewaschen, und bei den ersten Versuchen nach Verbrennung des Filtrums geglüht und gewogen. Da ich aber hiebei stets einen Verlust an Blei zu bemerken glaubte, da nämlich bei Verbrennung der Kohle des Filtrums stets weifse Nebel emporstiegen, so sammelte ich denselben bei den letzten Versuchen auf einem gewogenen Filtrum und trocknete ihn vor dem Wägen bei 110°. Ich erhielt auf

diese Weise stets 1 bis 2 Proc. mehr an Blei, als wenn ich das schwefelsaure Bleioxyd geglüht und das Filtrum verbrannt hatte, ein Beweis, dafs in der That bei Verbrennung des Filtrums eine geringe Menge jenes Bleisalzes reducirt worden war.

Die Phosphorsäure wurde einfach durch Fällung mittelst einer stark ammoniakalischen Lösung von schwefelsaurer Talkerde aus der von dem schwefelsauren Bleioxyd abfiltrirten Flüssigkeit abgeschieden, der erhaltene Niederschlag mit ammoniakhaltigem Wasser ausgewaschen, geglüht und gewogen.

Auf diese Weise erhielt ich bei Untersuchung von stets wieder neu dargestellten Portionen dieses Salzes folgende Resultate:

I. 0,6685 Grm. gaben 0,164 Grm. phosphorsaure Talkerde. Diefs entspricht 0,1041 Grm. oder 15,57 Proc. Phosphorsäure. 0,794 Grm. desselben Salzes lieferten 0,0884 Grm. Chlorsilber, d. h. sie enthielten 0,0218 Grm. Chlor, oder in 100 Th. waren 2,75 Th. Chlor enthalten. Die Bleibestimmung war, weil das Filtrum verbrannt worden war, mit einem Verlust verknüpft gewesen. Ich erhielt nur 74,3 Proc. Blei.

II. 0,715 Grm. dieser Verbindung lieferten 0,174 Grm. phosphorsaure Talkerde oder 0,1102 Grm. Phosphorsäure. Diefs entspricht einem procentischen Gehalt von 15,41. — Aus 0,933 Grm. derselben erhielt ich 0,100 Grm. Chlorsilber. Sie enthielten also 0,0248 Grm. oder 2,64 Proc. Chlor. An Blei fand ich wieder nur 75,0 Proc.

III. 1,0175 Grm. einer neu dargestellten Portion dieser Verbindung lieferten 1,1355 Grm. nicht geglühten schwefelsauren Bleioxyds, welche 0,7754 Grm. Blei enthalten. Hieraus folgt ein Gehalt von 76,21 Proc. Blei. 0,7428 Grm. desselben Salzes gaben 0,082 Grm. Chlorsilber. Diefs entspricht 0,0202 Grm. oder 2,72 Proc. Chlor.

	I.	II.	III.	Berechnet	
Blei	74,30	75,00	76,21	75,80	10 Pb
Chlor	2,75	2,64	2,72	2,59	1 Cl
Phosphorsäure	15,57	15,41	15,41	15,68	$3\dddot{P}$
Sauerstoff	7,38	6,95	5,66	5,27	9 O
Wasser				0,66	$1\dot{H}$
	100	100	100	100.	

$2\dddot{P}Pb^3 + ClPb.$

Verfährt man so, dafs man das phosphorsaure Natron in die Lösung des Chlorbleis giefst, indem man Sorge trägt, letzteres im Ueberschufs zu lassen, so erhält man eine andere Verbindung, welche sich jedoch im Aeufseren durchaus nicht von der zuerst angeführten unterscheidet. Um sie rein zu erhalten mufs man sie mehrfach mit Wasser auskochen, und sie endlich noch auf dem Filtrum anhaltend mit heifsem Wasser auswaschen.

Die so erhaltene Substanz verhält sich ganz, wie die vorige, unterscheidet sich nur dadurch, dafs sie kein chemisch gebundenes Wasser enthält, und dafs sie beim Erhitzen vor dem Schmelzen gelb wird, wobei sie viel Chlorblei ausgiebt, beim Erkalten aber ihre weifse Farbe wieder annimmt. Nach anhaltendem heftigen Glühen, und nachdem sie eine gewisse Menge Chlorblei abgegeben hat, verliert sie ihre Eigenschaft, in der Hitze gelb zu werden. Sie enthält aber dann noch viel Chlorblei, und ist daher offenbar in die zuerst angeführte Verbindung umgewandelt. Vor dem Löthrohr verhält sie sich wie die vorige.

Diese Verbindung gab bei der Analyse folgende Zahlen:

I. 0,9462 Grm. derselben lieferten 0,131 Grm. Chlorsilber und 0,221 Grm. phosphorsaure Magnesia. Diefs entspricht 0,0323 Grm. oder 3,41 Proc. Chlor und 0,140 Grm. oder 14,80 Proc. Phosphorsäure. An Blei ergab die Analyse nur einen Gehalt von 74,55 Proc., weil das gefällte schwefelsaure Bleioxyd auch in diesem Falle geglüht worden war. Auch der Chlorgehalt war bei dieser Ana-

lyse geringer ausgefallen, als bei den folgenden, weil nämlich die zur Analyse verwendete Substanz schwach geglüht worden war, wodurch Chlorblei in Form weiſser Dämpfe allmälig ausgetrieben wird. Bei den folgenden Versuchen vermied ich daher eine zu hohe Temperatur, und trocknete die Substanz bei 130° C.

II. 0,797 Grm. einer neu dargestellten Portion dieser Verbindung lieferten 0,190 Grm. phosphorsaure Magnesia. Dieſs entspricht 0,1203 Grm. Phosphorsäure oder 15,09 Proc. Da auch hier das schwefelsaure Bleioxyd geglüht worden war, so erhielt ich auch in diesem Falle zu wenig Blei, nämlich 74,76 Proc. Aus 0,6235 Grm. derselben Substanz schied ich 0,0229 Grm. oder 3,67 Proc. Chlor ab. Ich erhielt nämlich daraus 0,0927 Grm. Chlorsilber.

III. 0,5125 Grm. einer von Neuem hergestellten Quantität dieser Substanz gaben 0,1225 Grm. phosphorsaure Talkerde, d. h. 0,0776 Grm. oder 15,14 Proc. Phosphorsäure. Der gefundene Bleigehalt war wieder zu gering; er betrug 75,30 Proc. — 0,949 Grm. derselben Substanz lieferten 0,136 Grm. Chlorsilber, was 0,0336 Grm. oder 3,54 Proc. Chlor entspricht.

IV. Endlich gaben 0,8985 Grm. derselben von Neuem dargestellten Verbindung 1,010 Grm. bei 110° C. getrockneten schwefelsauren Bleioxyds. Dieſs entspricht 0,6897 Grm. oder 76,76 Proc. Blei.

	I.	II.	III.	IV.	Berechnet.	
Blei	74,55	74,76	75,30	76,76	76,22	7 Pb
Chlor	3,41	3,67	3,54	3,61	3,72	1 Cl
Sauerstoff	7,24	6,48	6,02	4,52	5,05	6 O
Phosphorsäure	14,80	15,09	15,14	15,11	15,01	2 $\dddot{\text{P}}$
	100	100	100	100	100	

Die Phosphorsäure- und Chlormengen, welche unter IV. angegeben sind, sind die Mittelwerthe der Analysen II. u. III.

Nach der oben erwähnten Arbeit von Berzelius müſste das Bleisalz, welches bei Fällung des Chlorbleis durch gewöhnliches phosphorsaures Natron erhalten wird, eine Ver-

bindung von zwei Atomen Bleioxyd mit einem Atom Phosphorsäure seyn. Wäre diefs der Fall, so würde die von diesem Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit neutral reagiren müssen. Mitscherlich giebt dagegen in dem gleichfalls oben citirten Aufsatze, S. 363, schon an, dafs, wenn die Chlorbleilösung in die des phosphorsauren Natrons geschüttet wird, ein basischeres Salz gebildet werde. Allein S. 359 desselben Aufsatzes behauptet er auch noch, dafs wenn man umgekehrt die Lösung des phosphorsauren Salzes in die des Chlorbleis tropfenweise einbringt, ein Bleisalz mit zwei Atomen dieser Basis auf ein Atom der Säure erhalten werde. Diefs ist aber, wie aus den angeführten Analysen hervorgeht, nicht der Fall, und es folgt daraus, dafs eben so die Angabe von Mitscherlich, dafs nämlich die von diesem Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit neutral reagire, nicht richtig seyn kann. Der Versuch bestätigt diese Schlufsfolge vollkommen; jene Flüssigkeit röthet stets Lackmuspapier stärker, als es die reine Chlorbleilösung thut.

Die Neigung des phosphorsauren Bleioxyds sich mit Chlorblei zu verbinden, liefert den Grund, weshalb in dem in der Natur vorkommenden phosphorsauren Bleioxyd stets Chlor enthalten ist. Die Eigenschaft der beiden oben angeführten Verbindungen durch anhaltende Hitze in die Verbindung von der Form $3\dddot{\overset{..}{P}}\dot{P}b^3 + ClPb$ umgewandelt zu werden, erklärt zugleich, weshalb bis jetzt nur diese Verbindung als Mineral aufgefunden worden ist.

Da nun bei Anwendung von Chlorblei durch phosphorsaures Natron auf keine Weise ein Bleioxydsalz erhalten werden kann, welches auf ein Atom Säure zwei Atome Bleioxyd enthält, so versuchte ich eine andere Methode zur Herstellung dieser Verbindung aufzufinden. Aus essigsaurem Bleioxyd dieselbe zu erhalten, war nicht zu hoffen, da Mitscherlich nachgewiesen hat, dafs, wenn dieses durch gewöhnliches phosphorsaures Natron zersetzt wird, die abfiltrirte Flüssigkeit freie Essigsäure enthält. Es blieb mir

mir nur das salpetersaure Bleioxyd übrig. Von diesem ist aber nach Berzelius nur schwer ein von Salpetersäure freies phosphorsaures Salz zu erhalten, und ich mufste mich daher zuerst bemühen, diese Schwierigkeit zu überwinden. Berzelius führt selbst schon in seinem Lehrbuche an, dafs es leicht gelinge, wenn man die Lösung des salpetersauren Salzes in die des phosphorsauren giefst. Ich habe mich aber überzeugt, dafs der Niederschlag, welcher erhalten wird, wenn die wäfsrigen Lösungen dieser Salze zusammengebracht werden, mag die Methode, sie zu mischen, seyn, welche sie wolle, stets frei von Salpetersäure ist. Die von Berzelius entdeckte Verbindung von phosphorsaurem und salpetersaurem Bleioxyd bildet sich nur bei Gegenwart von ziemlich concentrirter Salpetersäure, worin sie unlöslich ist. Es mufs daher der Grund, weshalb Berzelius bei seiner Untersuchung der aus dem salpetersauren Bleioxyd erhaltenen phosphorsauren Bleioxydsalze nicht constante Resultate gefunden hat, ein anderer seyn, als der, den er selbst angiebt, nämlich ein Gehalt derselben an Salpetersäure.

Zwar haben auch mir die Analysen der auf verschiedene Weise aus salpetersaurem Bleioxyd und gewöhnlichem phosphorsaurem Natron erhaltenen Bleioxydverbindungen keine übereinstimmenden Resultate gegeben. Die Zusammensetzung keines derselben stimmte mit einer einfachen Formel überein. Doch geht aus den Resultaten derselben deutlich hervor, dafs jene Niederschläge stets Mengungen von zwei Salzen sind, von denen das eine aus einem Atom der Säure und drei Atomen der Basis, das andere aus einem Atom der Säure, zwei Atomen der Basis und einem Atom Wasser besteht, und dafs um so mehr des ersteren Salzes im Niederschlage enthalten ist, ein je stärkerer Ueberschufs an phosphorsaurem Natron bei der Darstellung desselben angewendet wurde. Hierin also, und nicht in einem Salpetersäuregehalt, ist der Grund zu suchen, weshalb Berzelius bei seinen Analysen so verschiedene Resultate erhalten hat.

Die auf die angeführte Weise erhaltenen Niederschläge sind weifs, und zeigen durchaus keine Spur krystallinischer Gestaltung. Die Analyse derselben wurde anfänglich auf folgende Weise ausgeführt.

Die bei 110° bis 120° getrocknete Substanz wurde schwach geglüht, und durch den Gewichtsverlust ihr Wassergehalt bestimmt. Die geglühte Masse wurde in möglichst wenig etwas verdünnter Salpetersäure gelöst, und mittelst Schwefelsäure und Alkohol das Bleioxyd gefällt. Das niedergeschlagene schwefelsaure Bleioxyd wurde auf einem gewogenen Filtrum abfiltrirt, mit etwas verdünntem Alkohol ausgewaschen und bei 110° C. getrocknet und gewogen. Aus dem Filtrat wurde die Phosphorsäure durch Ammoniak und schwefelsaure Talkerde gefällt, und auf die bekannte Weise das Gewicht der phosphorsauren Magnesia bestimmt.

Nach dieser analytischen Methode erhielt ich, bei Anwendung ein und derselben Substanz, stets übereinstimmende Mengen Bleioxyd und Wasser; allein die Resultate der Phosphorsäurebestimmung variirten, und es war daher wahrscheinlich, dafs der Verlust, welcher sich bei den Analysen herausstellte, auf Rechnung der dazu angewendeten Methode kommen müsse. Ich vermuthete daher, es möchte die durch Glühen des Bleisalzes veranlafste Bildung von Pyrophosphorsäure den Grund für jene Differenz abgeben. In der That habe ich schon in einem früheren Aufsatze gezeigt, dafs diese Modification der Phosphorsäure durch Ammoniak und schwefelsaure Magnesia nicht vollständig gefällt wird [1]).

Deshalb untersuchte ich bei den letzten drei Analysen eine besondere Probe der Substanz auf ihren Wassergehalt, eine andere, ohne sie vorher zu glühen, auf die Menge Phosphorsäure und Bleioxyd, welche sie enthält. Der Kürze wegen führe ich nur die Resultate der Analysen in Procenten berechnet an. Die ersten beiden Salze waren bei Gegenwart überschüssigen salpetersauren Bleioxyds, die letzten umgekehrt mit einem aufserordentlich starken Ueberschufs von phosphorsaurem Natron dargestellt. Alle Niederschläge waren in der Kochhitze erhalten.

1) Diese Annalen, Bd. 72, S. 139.

	I.	Sauerstoffgehalt.	II.	Sauerstoff.	III.	Sauerstoff.
Bleioxyd	74,72	7,77	75,63	7,62	81,87	6,23
Wasser	2,71		2,47		0,40	
Phosphorsäure	22,57	12,65	21,90	12,27	17,73	9,93
	100		100		100	

	IV.	Sauerstoff.	V.	Sauerstoff	VI.	Sauerstoff.
Bleioxyd	81,26	6,21	80,24	6,54	80,45	6,46
Wasser	0,43		0,89		0,78	
Phosphorsäure	18,11	10,15	18,97	10,63	18,95	10,62
	99,80		100,10		100,18.	

Bei genauerer Betrachtung der gefundenen Zahlen findet man, dafs die Summe des Sauerstoffgehalts des Bleioxyds und des Wassers $\frac{3}{5}$ von dem Sauerstoffgehalt der Phosphorsäure beträgt, und es ist dadurch ohne Zweifel der schon oben angeführte Schlufs, dafs auf diese Weise nur Mengungen zweier verschiedener phosphorsaurer Bleioxydsalze erhalten werden, hinreichend gerechtfertigt.

Um dasjenige dieser Salze, welches auf ein Atom der Säure zwei Atome Bleioxyd enthält, rein zu erhalten, fällte ich eine kochende Auflösung von salpetersaurem Bleioxyd durch reine Phosphorsäure. Es entstand ein schöner, glänzend weifser, krystallinischer Niederschlag von perlmutterähnlichem Glanze, der sehr leicht mit Wasser ausgewaschen werden konnte. Mit dem Mikroskope betrachtet, zeigte es sich, dafs derselbe aus kleinen dünnen Krystallblättchen bestand, deren krystallographische Form jedoch nicht ermittelt werden konnte. Diese Verbindung bleibt, wenn sie schwach geglüht wird, vollkommen weifs, indem sich unter Wasserausgabe pyrophosphorsaures Bleioxyd bildet. Vor dem Löthrohr schmilzt sie, krystallisirt aber nicht so charakteristisch, wie die vorher angeführten Verbindungen, und erstarrt ohne Feuererscheinung beim Erkalten.

Bei der Analyse, welche eben so, wie die zuletzt an-

geführten, angestellt wurde, erhielt ich folgende Resultate:

I. 0,631 Grm. dieser Verbindung verloren beim Glühen 0,019 Grm., d. h. 3,01 Proc. Wasser, 0,6945 Grm. derselben Substanz lieferten 0,6947 Grm. schwefelsauren Bleioxyds und 0,2585 Grm. phosphorsaure Talkerde. Diefs entspricht 0,511 Grm. oder 73,58 Proc. Bleioxyd, und 0,1637 Grm. oder 23,57 Proc. Phosphorsäure.

II. 0,7225 Grm. einer neu hergestellten Portion dieses Salzes verloren in der Glühhitze 0,0215 Grm. Wasser, d. h. 2,98 Proc. — 0,9225 Grm. derselben lieferten 0,343 Grm. phosphorsaure Talkerde. Diefs entspricht 0,2172 Grm. oder 23,54 Proc. Phosphorsäure. Das schwefelsaure Bleioxyd war geglüht worden, weshalb nur 72,41 Proc. Bleioxyd gefunden wurden. Berechnet man es aus dem Verlust, so erhält man 73,48 Proc.

III. 1,419 Grm. einer anderen Portion dieser Verbindung lieferten 1,4165 Grm. schwefelsauren Bleioxyds und 0,532 Grm. phosphorsaure Talkerde. Diefs entspricht 1,042 Grm. oder 73,43 Proc. Bleioxyd und 0,3369 Grm. oder 23,74 Proc. Phosphorsäure.

	I.	II.	III.	Berechnet.	
Bleioxyd	73,58	73,48	73,43	73,51	$2\dot{Pb}$
Phosphorsäure	23,57	23,54	23,74	23,52	$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$
Wasser	3,01	2,98	2,83	2,97	$\dot{\bar{H}}$
	100,16	100	100	100.	

Endlich bemühte ich mich, auch diejenige Verbindung der Phosphorsäure mit dem Bleioxyde rein zu erhalten, welche auf ein Atom derselben drei Atome der Basis enthält. Diesen Zweck erreichte ich leicht dadurch, dafs ich die von Berzelius und Mitscherlich angegebenen Methoden befolgte. Durch Fällung von essigsaurem Bleioxyd mit einem Ueberschufs von phosphorsaurem Natron erhält man einen Niederschlag, der nicht reines dreibasisches Salz ist, son-

dern eine Mengung desselben mit dem Salze von der Form $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\dot{P}b^2 + \dot{H}$, wie auch schon Mitscherlich anführt.

1,5225 Grm. dieses Salzes lieferten 0,0063 Grm. Wasser; 1,676 Grm. schwefelsaures Bleioxyd und 0,444 Grm. phosphorsaure Talkerde. Diefs entspricht 0,40 Proc. Wasser, 1,2329 Grm. oder 80,98 Proc. Bleioxyd, und 0,2812 Grm. oder 18,47 Proc. Phosphorsäure.

		Sauerstoffgehalt.
Bleioxyd	80,98	6,17
Wasser	0,41	
Phosphorsäure	18,47	10,35
	99,86.	

Wurde dagegen eine grofse Quantität essigsauren Bleioxyds mit einer zur vollständigen Fällung des Bleis nicht zureichenden Menge phosphorsauren Natrons versetzt, so fiel ein weifser, amorpher Niederschlag zu Boden, der, bei 130° C. getrocknet und darauf geglüht, kaum um eine bemerkbare Gröfse an Gewicht abnahm. Die geglühte Masse bestand aus dem Salze von der Formel $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\dot{P}b^3$.

0,609 Grm. der so erhaltenen Verbindung lieferten 0,687 Grm. schwefelsauren Bleioxyds. Die procentische Zusammensetzug derselben war daher:

	Gefunden.	Berechnet.	
Bleioxyd	82,99	82,42	$3\dot{P}b$
Phosphorsäure	17,01	17,58	$1\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$
	100	100.	

Die durch anhaltende Digestion des $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\dot{P}b^2 + \dot{H}$ mit Ammoniak erhaltene Verbindung verlor beim Glühen gleichfalls nur sehr wenig am Gewichte. Bei der Analyse des geglühten Salzes erhielt ich folgende Zahlen.

1,092 Grm. derselben gaben 1,228 Grm. schwefelsauren Bleioxyds. Diefs entspricht 0,9034 Grm. oder 82,73 Proc Bleioxyd. Durch den Verlust, der 17,27 Proc. betrug, findet man den Gehalt derselben an Phosphorsäure.

0,9323 Grm. einer von Neuem dargestellten Portion dieses Salzes lieferten 1,0507 Grm. schwefelsauren Bleioxyds. Diefs entspricht 0,7729 Grm. oder 82,90 Proc. Bleioxyd. Der Gehalt des Salzes an Phosphorsäure betrug also 17,10 Proc.

	I.	II.	Berechnet.	
Bleioxyd	82,73	82,90	82,42	$3\dot{\mathrm{Pb}}$
Phosphorsäure	17,27	17,10	17,58	$1\dddot{\mathrm{P}}$
	100	100	100.	

Diese Verbindung des Bleioxyds mit der Phosphorsäure wird in der Hitze vor dem Schmelzen gelb, beim Erkalten wieder weifs, und verhält sich vor dem Löthrohr, wie ihre Verbindungen mit dem Chlorblei, nur dafs dabei die Kohle nicht mit einem weifsen Beschlag belegt wird.

Bei der Darstellung derjenigen Verbindungen der Phosphorsäure und des Bleioxyds, welche frei von Chlor sind, mufs man für die vollkommene Reinheit der dazu verwendeten Lösungen von Chlor Sorge tragen, denn sonst würde sich stets eine der zuerst erwähnten Chlor enthaltenden Verbindungen bilden.

Daher vermuthete ich auch, dafs die Verbindung, welche von Berzelius durch Fällen einer heifsen Chlorbleilösung mittelst einer Auflösung von saurem phosphorsaurem Natron dargestellt wurde, nicht frei von Chlor seyn möchte. Ein Versuch bestätigte diese Vermuthung vollkommen. Der Niederschlag, welcher durch Fällung einer heifsen Chlorbleilösung mittelst sauren phosphorsauren Natrons erhalten wird, läfst sich durch kochendes Wasser gut auswaschen, so dafs im Filtrat zuletzt keine Spur mehr von Chlor zu entdecken ist, und besitzt im feuchten Zustande die von Berzelius angegebene Eigenschaft, Lackmuspapier zu röthen. Seine Lösung in Salpetersäure giebt einen nicht unbedeutenden käsigen Niederschlag mit salpetersaurem Silberoxyd. Vor dem Löthrohr erhitzt, schmilzt er leicht zu einer Perle, die aber beim Erkalten weder krystallisirt noch auch die bekannte Feuererscheinung bemer-

ken läfst. Beim Erhitzen vor dem Schmelzen wird er nicht wesentlich gelb gefärbt, und giebt dabei ein wenig Wasser aus. Die Analyse des bei 110° getrockneten Niederschlags hat folgende Zahlen ergeben:

1,0173 Grm. desselben lieferten 0,0715 Grm. Chlorsilber, 1,0787 Grm. schwefelsaures Bleioxyd und 0,3143 Grm. phosphorsaure Talkerde. Diefs entspricht 0,0176 Grm. oder 1,73 Proc. Chlor, 0,7366 Grm. oder 72,77 Proc. Blei und 0,1991 Grm. oder 19,56 Proc. Phosphorsäure. Seine Zusammensetzung war daher folgende:

Phosphorsäure	19,56
Chlor	1,73
Blei	72,41
Sauerstoff } Wasser }	6,39
	100,00.

Diese Zahlen entsprechen keiner einfachen Formel. Der auf die erwähnte Weise erhaltene Niederschlag scheint ein Gemenge der Verbindung von der Formel $2\dddot{\mathrm{P}}\dot{\mathrm{P}}\mathrm{b}^{3} + \mathrm{Cl}\,\mathrm{Pb}$ mit dem phosphorsauren Bleioxyde zu seyn, welches auf ein Atom der Säure zwei Atome der Basis und ein Atom Wasser enthält. Denn diejenige Menge der ersteren, welche 1,73 Proc. Chlor enthält, würde bestehen aus 6,98 Th. Phosphorsäure, 35,42 Th. Blei und 2,35 Th. Sauerstoff. Diefs abgezogen von den obigen Zahlen läfst als Rest 12,58 Th. Phosphorsäure 36,99 Th. Blei und 3,95 Th. Sauerstoff und Wasser. Diefs entspricht folgender procentischen Zusammensetzung dieses Restes:

	Gefunden.	Berechnet.	
Bleioxyd	74,45	73,51	$2\dot{\mathrm{P}}\mathrm{b}$
Phosphorsäure	23,51	23,52	$1\dddot{\mathrm{P}}$
Wasser	2,04	2,97	$1\dot{\mathrm{H}}$
	100	100.	

XII. *Ueber die Einwirkung des Lichts auf Jodbleistärke; von C. F. Schönbein.*

In der neuesten Zeit mit den Jodmetallen vielfach beschäftigt, habe ich Gelegenheit gehabt am Jodblei einige Beobachtungen zu machen, von welchen die folgende für Physiker und Chemiker von Interesse seyn dürfte. Vermengt man Stärkekleister von gewöhnlicher Dicke mit so viel (frisch aus Jodkalium und Bleisalpeter bereitetem) Jodblei, daſs derselbe stark gelb gefärbt erscheint, und setzt man dieses Gemenge, ausgestrichen auf Papierstreifen, der Einwirkung des unmittelbaren Sonnenlichts aus, so wird es unter solchen Umständen beinahe eben so schnell schwarzblau (in Folge von Jodausscheidung), als diese Streifen eine solche Färbung in einer Chlor- oder Ozonatmosphäre annehmen. Es bedarf in der That nur weniger Secunden, um den gelben Stärkekleister in schwarzblauen umzuändern. In der Dunkelheit bleibt derselbe unverändert, im zerstreuten Lichte geht er nach und nach aus gelb durch grün in schwarzblau über, und zwar, um so rascher, je gröſser die Intensität dieses Lichts ist. Da Jodbleikleister entschieden die empfindlichste Substanz für das Licht ist, welche wir kennen, so könnte vielleicht derselbe ein bequemes Mittel abgeben, um die verschiedene chemische Wirksamkeit der Lichtarten zu prüfen, aus welchen das weiſse Sonnenlicht zusammengesetzt ist.

Basel, im November 1847.

XIII. *Ueber die Bestimmung der Magnesia durch phosphorsaures Natron, und die der Phosphorsäure durch Magnesia; von R. Weber.*

Die Magnesia kann aus ihren Auflösungen durch eine Auflösung von krystallisirten phosphorsauren Natron vollständig gefällt, und die Menge derselben genau dem Gewichte nach bestimmt werden; eine Methode, deren man sich schon seit längerer Zeit bedient. Die bei der Fällung zu beobachtende Vorsichtsmafsregel ist bekanntlich die, dafs in der Flüssigkeit eine solche Menge eines ammoniakalischen Salzes enthalten seyn mufs, dafs durch Ammoniak keine Magnesia gefällt werde. Nach Hinzufügung des phosphorsauren Natrons darf der Niederschlag nicht sogleich filtrirt werden, doch ist ein zwölfstündiges oder selbst noch längeres Stehen nicht nöthig, wenn man nur den Niederschlag auf einer 40° bis 50° warmen Sandkapelle zwei Stunden lang stehen läfst; alle phosphorsaure Ammoniak-Magnesia hat sich dann vollständig aus der Flüssigkeit abgeschieden. Der Niederschlag darf nicht mit reinem Wasser ausgewaschen werden, da er in nicht unbeträchtlicher Menge darin löslich ist, sondern mufs, wie Fresenius diefs zuerst gezeigt hat, mit ammoniakalischem Wasser so lange ausgesüfst werden, bis ein Paar Tropfen der abfiltrirten Flüssigkeit, auf Platinblech verdampft, keine Spur eines Rückstandes hinterlassen. Es ist gleichgültig, ob man zum Aussüfsen heifses oder kaltes ammoniakalisches Wasser anwendet; in beiden Fällen wird nichts vom Niederschlag aufgelöst. Bei Anwendung des heifsen ammoniakhaltigen Wassers kommt man jedoch schneller zum Ziele. Die Resultate, die man hierbei erhält, sind sehr genau.

1,259 Grm. geglühte reine Magnesia wurden in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, die Lösung mit Ammoniak übersättigt und mit phosphorsaurem Natron versetzt. Der Niederschlag, nach zweistündigem Stehen auf einer ungefähr

50° warmen Sandkapelle, filtrirt, mit heifsem ammoniakhaltigem Wasser ausgesüfst, getrocknet, geglüht und gewogen, gab: 3,444 $Mg^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}=1,263$ Mg.

Löst man den getrockneten und geglühten Niederschlag in Chlorwasserstoffsäure auf, und übersättigt die Flüssigkeit wieder mit Ammoniak, so erhält man nicht die ganze Menge der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia wieder, selbst auch dann nicht, wenn der Niederschlag mehrere Tage lang gestanden hat. Filtrirt man denselben ab und setzt zur filtrirten Flüssigkeit phosphorsaures Natron, so erhält man auf's Neue wieder einen mehr oder minder grofsen Niederschlag. Eine Auflösung von schwefelsaurer Magnesia zur abfiltrirten Flüssigkeit gesetzt, bringt auch nach längerem Stehen keine Fällung hervor. Der dabei stattfindende Verlust beträgt, je nach den verschiedenen Umständen, 2 bis 8 Proc.

Um die Ursachen dieser sonderbaren Erscheinung kennen zu lernen, wurden folgende Versuche angestellt.

1,741 Grm. geglühte phosphorsaure Magnesia wurden in möglichst wenig Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, und die klare Lösung durch Ammoniak übersättigt. Der Niederschlag nach längerem Stehen filtrirt, ausgesüfst, getrocknet, geglüht und gewogen, betrug: 1,615 $Mg^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}=92,18$ Proc. der ursprünglichen Menge.

Die vom Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit, mit phosphorsaurem Natron versetzt, gab einen ziemlich starken Niederschlag.

Bei einem zweiten Versuche wurden 1,020 Grm. $Mg^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, und mit einer aufserordentlich grofsen, ungefähr der 50fachen, Menge festen Salmiaks, die vorher in Wasser aufgelöst worden war, versetzt, um zu sehen, ob bei Gegenwart einer grofsen Menge ammoniakalischen Salzes die Fällung durch Ammoniak vollständiger seyn würde. Das Gewicht des erhaltenen Niederschlags betrug: 0,980 Grm. =98,09 Proc.

Wird frisch gefällte, ausgesüfste und noch nasse phosphorsaure Ammoniak - Magnesia in Chlorwasserstoffsäure

aufgelöst und sogleich wieder durch Ammoniak gefällt, der Niederschlag nach mehrstündigem Stehen an einem warmen Orte abfiltrirt und mit Ammoniak ausgesüfst, so entsteht in der abfiltrirten Flüssigkeit durch phosphorsaures Natron nur eine ganz geringe Trübung. Wendet man aber hierzu getrocknete phosphorsaure Ammoniak-Magnesia an, so ist der in der abfiltrirten Flüssigkeit durch phosphorsaures Natron erzeugte Niederschlag schon viel bedeutender.

Setzt man zu der in Chlorwasserstoffsäure aufgelösten phosphorsauren Ammoniak-Magnesia kohlensaures Ammoniak, so entsteht nach langer Zeit erst ein Niederschlag, und zwar von ganz krystallinischer Beschaffenheit. Ist die Flüssigkeit heifs oder nur warm, so kommt er schneller als in der Kälte. Aber auch hierbei wird nicht die ganze Menge der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia wieder gefällt. In der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit entsteht durch phosphorsaures Natron wieder eine Fällung.

Um zu sehen, ob bei Gegenwart einer grofsen Menge eines Natronsalzes die Fällung der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia, nachdem dieselbe in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst worden war, durch Ammoniak besser bewirkt werden konnte, wurden 1,345 Grm. $Mg^2 \overset{.....}{P}$ aufgelöst, und mit der 50fachen Menge krystallisirten kohlensauren Natrons, die vorher durch Chlorwasserstoffsäure in Chlornatrium verwandelt worden war, versetzt und durch Ammoniak gefällt. Die hierbei wieder erhaltene Menge des Niederschlags betrug: 1,316 Grm. =97,84 Proc. Die vom Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit mit phosphorsaurem Natron versetzt, gab im Anfange keine Trübung, nach einiger Zeit aber trat dieselbe ein, wurde nach und nach immer stärker und setzte sich zu einem nicht unbedeutenden Niederschlag ab.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dafs es nicht möglich ist, weder die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, noch die geglühte pyrophosphorsaure Magnesia, wenn dieselben in Säuren aufgelöst worden sind, wieder durch Ammoniak vollständig zu fällen.

Man glaubte früher, dafs die phosphorsaure Ammoniak-

Magnesia nur unlöslich im überschüssig zugesetzten phosphorsauren Alkali sey. Diefs ist jedoch nicht der Grund, warum die pyrophosphorsaure Magnesia sowohl, wie die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, wenn sie in Säuren aufgelöst worden sind, nicht wieder vollständig durch Ammoniak gefällt werden können. Die Ursache hiervon ist, dafs die Pyrophosphorsäure, oder die Phosphorsäure in ihren Verbindnngen mit 2 Atomen Base, nicht vollständig durch eine Auflösung von Magnesia gefällt werden kann, auch wenn Ammoniak und ammoniakalische Salze zugegen sind.[1] Nur bei sehr langem Stehen der Flüssigkeit und bei Gegenwart von Ammoniak nimmt die Pyrophosphorsäure das dritte Atom Base wieder auf, und bildet mit der Magnesia die ganz unlösliche Verbindung; doch gehören dazu mehrere Wochen.

Diese Thatsachen finden ihre Bestätigung durch die Bestimmungen der Phosphorsäure durch Magnesia in dem geglühten pyrophosphorsauren und dem gewöhnlichen krystallisirten phosphorsauren Natron.

3,007 Grm. geglühtes pyrophosphorsaures Natron wurden in Wasser aufgelöst, und in dieser Auflösung die Phosphorsäure durch ein Gemisch von schwefelsaurer Magnesia, Chlorammonium und Ammoniak gefällt. Nachdem der Niederschlag eine Nacht auf einer warmen Sandkapelle gestanden, wurde er filtrirt und ausgesüfst. Die abfiltrirte Flüssigkeit war vollkommen klar, die Lösung der schwefelsauren Magnesia brachte in ihr auch nach langem Stehen in der Wärme keine Trübung hervor.

$$3{,}007\ \dot{Na}^2\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} = 2{,}533\ \dot{Mg}^2\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} = 1{,}604\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}.$$

Das pyrophosphorsaure Natron besteht in 100 Th. aus 46,64 Proc. $\dot{Na}$ und 53,36 Proc. $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$. Die Analyse gab:

1) Da diese Abhandlung schon geschrieben war, ehe die des Hrn. Dr. Heintz: *Ueber die quantitative Bestimmung der Aschenbestandtheile u. s. w.* in diesen Annalen, Bd. 71, S. 113, erschienen war, und dieser bei der Bestimmung der Phosphorsäure durch Magnesia zu denselben Resultaten gelangt ist, so verweise ich hier auf diese Abhandlung. S. daselbst, S. 140.

$$2{,}413\ \dot{M}g^2\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} = 95{,}26\ \text{Proc.}$$
$$1{,}549\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} \qquad = 51{,}51\ \text{Proc.}$$

Nachdem die vom Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit vier Tage gestanden, fing sie an sich zu trüben, was sich von Tag zu Tag vermehrte. Nach sechs bis sieben Tagen hatte sich ein Niederschlag abgesetzt, die darüber stehende Flüssigkeit war klar. Er wurde filtrirt und das Gewicht desselben bestimmt, es betrug $0{,}022\ \dot{M}g^2\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} = 0{,}86$ Procent. Die vom Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit trübte sich nach mehreren Tagen auf's Neue wieder und setzte einen Niederschlag ab. Derselbe wiederum filtrirt und bestimmt, gab noch immer nicht die fehlende Menge der phosphorsauren Magnesia.

Bei einem zweiten Versuche wurden 1,091 Grm. $\dot{N}a^2\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ in Wasser aufgelöst, die Auflösung mit Salmiak, schwefelsaurer Magnesia und Ammoniak versetzt, und der Niederschlag 24 Stunden stehen gelassen, ehe er filtrirt wurde

$$1{,}091\ \dot{N}a^2\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} = \begin{cases} 0{,}919\ \dot{M}g^2\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} \\ 0{,}582\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} = 53{,}36\ \text{Proc.} \end{cases}$$

Das Gewicht des erhaltenen Niederschlags betrug:

$$0{,}867\ Mg^2\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} = 0{,}539\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$$
$$94{,}34\ \text{Proc.}\ \dot{M}g^2\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\ \text{und}\ 49{,}40\ \text{Proc.}\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}.$$

In der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit entstanden dieselben Erscheinungen wie beim vorhergehenden Versuche.

Diese beiden Beispiele beweisen hinreichend, dafs es nicht möglich ist die Phosphorsäure in der Auflösung ihrer Verbindungen mit 2 Atomen Base mit Genauigkeit durch Magnesia zu bestimmen.

Um zu beweisen, dafs die Phosphorsäure im krystallisirten phosphorsauren Natron oder überhaupt in ihren Verbindungen mit 3 Atomen Base sehr genau durch Magnesia bestimmt werden könne, wurden zwei Quantitäten krystallisirtes phosphorsaures Natron ($2\dot{N}a\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + \dot{H} + 24\dot{H}$) abgewogen, in der einen der Wassergehalt bestimmt, und die andere in Wasser aufgelöst und durch Magnesia die Phosphorsäure gefällt.

Das zu diesem Versuche angewandte phosphorsaure Natron enthielt 62,16 Proc. Wasser. 3,712 krystallisirtes phosphorsaures Natron entsprechen also 1,404 $\dot{Na}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} = 0{,}749 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$ oder 1,182 $\dot{Mg}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$.

Es wurden erhalten:

$$1{,}188\ \dot{Mg}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} = 0{,}753\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} = 53{,}62 \text{ Proc. } \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}.$$

Um also die Phosphorsäure durch Magnesia zu fällen und zu bestimmen mufs man sich vorher überzeugen, ob eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd in der Auflösung des phosphorsauren Salzes einen rein gelben Niederschlag erzeugt. Ist diefs nicht der Fall, sondern entsteht ein weifser Niederschlag, so mufs das phosphorsaure Salz in die dreibasische Verbindung übergeführt werden. Diefs kann nach zweierlei Methoden geschehen. Entweder man schmilzt das geglühte phosphorsaure Salz mit der 4- bis 6fachen Menge kohlensauren Natrons, und diefs giebt die genausten Resultate, oder man behandelt das Salz längere Zeit mit einer starken Säure in der Wärme, was aber nur zu annähernden Resultaten führt.

1,250 Grm. $\dot{Na}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$ wurde mit so viel kohlensaurem Natron versetzt, dafs die Masse beim Glühen vollständig geschmolzen war. Es ist hierzu ungefähr die 3- bis 4fache Menge von kohlensaurem Natron erforderlich. Die geschmolzene Masse in Wasser aufgelöst, die Auflösung mit Chlorwasserstoffsäure sauer gemacht, und die Flüssigkeit so lange erwärmt, bis alle Kohlensäure ausgetrieben war, wurde hierauf mit Ammoniak übersättigt und mit einer Auflösung von schwefelsaurer Magnesia versetzt.

$$1{,}250\ \dot{Na}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} = \left\{ \begin{array}{l} 1{,}053\ \dot{Mg}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} \\ 0{,}667\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} = 53{,}36 \text{ Proc. } \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}. \end{array} \right.$$

Erhalten:

$$1{,}050\ \dot{Mg}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} = 99{,}71 \text{ Proc.}$$
$$0{,}665\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} = 53{,}20 \text{ Proc.}$$

Durch die Behandlung des pyrophosphorsauren Natrons mit einer Säure erhält man nicht so befriedigende Resultate, wie folgende Versuche zeigen.

1,538 Grm. $\dot{\text{Na}}^2\,\overset{.....}{\text{P}}$ im geglühten Zustande in einem Kolben mit Chlorwasserstoffsäure übergossen und eine Stunde lang erhitzt, die Flüssigkeit hierauf mit Ammoniak übersättigt und mit Magnesialösung versetzt. Der Niederschlag wurde nach 16stündigem Stehen filtrirt.

$$1{,}538\ \dot{\text{Na}}^2\,\overset{.....}{\text{P}} = \begin{cases} 1{,}295\ \dot{\text{Mg}}^2\,\overset{.....}{\text{P}} \\ 0{,}821\ \overset{.....}{\text{P}} = 53{,}36\ \text{Proc.} \end{cases}$$

Erhalten:

$$1{,}272\ \dot{\text{Mg}}^2\,\overset{.....}{\text{P}} = 98{,}22\ \text{Proc.}$$
$$0{,}806\ \overset{.....}{\text{P}} = 52{,}40\ \text{Proc.}$$

1,493 Grm. $\dot{\text{Na}}^2\,\overset{.....}{\text{P}}$ im trocknen Zustande drei Stunden lang mit Salpetersäure von 1,434 spec. Gew. in einem Kolben erhitzt, und wie oben verfahren.

$$1{,}493\ \dot{\text{Na}}^2\,\overset{.....}{\text{P}} = \begin{cases} 1{,}257\ \dot{\text{Mg}}^2\,\overset{.....}{\text{P}} \\ 0{,}796\ \overset{.....}{\text{P}} = 53{,}36\ \text{Proc.} \end{cases}$$

Erhalten:

$$1{,}234\ \dot{\text{Mg}}^2\,\overset{.....}{\text{P}} = 98{,}17\ \text{Proc.}$$
$$0{,}782\ \overset{.....}{\text{P}} = 52{,}37\ \text{Proc.}$$

Am besten von allen Säuren bewirkt die concentrirte Schwefelsäure die Umwandlung des pyrophosphorsauren Natrons in das dreibasische Salz.

1,672 Grm. $\dot{\text{Na}}^2\,\overset{.....}{\text{P}}$ wurden in einer Platinschale mit concentrirter Schwefelsäure übergossen, und eine Stunde lang bei ganz gelinder Temperatur erhitzt. Nach dem Erkalten erstarrte die Masse zu einem Haufwerk von Krystallen von saurem schwefelsaurem Natron. Die Masse in heifsem Wasser aufgelöst, die saure Flüssigkeit mit Ammoniak übersättigt, mit Magnesialösung versetzt und den Niederschlag nach längerem Stehen in der Wärme filtrirt, gab folgendes Resultat:

$$1{,}672\ \dot{\text{Na}}^2\,\overset{.....}{\text{P}} = \begin{cases} 1{,}408\ \dot{\text{Mg}}^2\,\overset{.....}{\text{P}} \\ 0{,}892\ \overset{.....}{\text{P}} = 53{,}36\ \text{Proc.}\ \overset{.....}{\text{P}} \end{cases}$$

Erhalten:

$$1{,}400\ \dot{\mathrm{Mg}}^2\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}} = 99{,}43\ \text{Proc.}$$
$$0{,}887\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}} = 53{,}07\ \text{Proc.}$$

Diese Umwandlung der pyrophosphorsauren Salze in die dreibasischen Verbindungen vermittelst Schmelzen mit kohlensaurem Natron gelingt nur bei den pyrophosphorsauren Alkalien und denjenigen pyrophosphorsauren Metalloxyden, die durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron vollständig zerlegt werden; sie gelingt aber nicht bei den Verbindungen der Phosphorsäure mit den alkalischen Erden, indem bei diesen nur eine theilweise Zerlegung durch das kohlensaure Alkali stattfindet. Am unvollständigsten ist die Zersetzung der phosphorsauren Kalkerde, etwas mehr wird die Strontianerde, noch mehr die Baryterde, und am besten die pyrophosphorsaure Magnesia zersetzt. Aus diesem Grunde können diese pyrophosphorsauren Erden, auch wenn sie mit einer grofsen Menge kohlensauren Natrons geschmolzen und in einer Säure aufgelöst worden sind, nicht wieder vollständig durch Ammoniak gefällt werden, da nicht alle Phosphorsäure der Erde entzogen mit dem Natron die dreibasische Verbindung bilden kann.

0,995 Grm. $\dot{\mathrm{Mg}}^2\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$ wurden mit der sechsfachen Menge von kohlensaurem Natron (bei einer geringeren Quantität von kohlensauren Natron schmilzt die Masse nicht) gemengt und in einem Platintiegel eine halbe Stunde lang über der Lampe mit doppeltem Luftzuge geglüht. Das Natronsalz war geschmolzen, die Magnesia hatte sich am Boden des Tiegels ausgeschieden. Die Masse wurde mit Wasser aufgeweicht, in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, zur Vertreibung aller Kohlensäure die Flüssigkeit längere Zeit erwärmt und hierauf mit Ammoniak übersättigt. Der Niederschlag wurde nach 24stündigem Stehen filtrirt und ausgesüfst, das Gewicht desselben betrug 0,955 $\dot{\mathrm{Mg}}^2\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}} = 95{,}98$ Proc.

In der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit brachte phosphorsaures Natron eine starke Trübung hervor, herrührend von derjenigen Quantität pyrophosphorsaurer Mag-

nesia, welche beim Schmelzen mit kohlensaurem Natron nicht zerlegt, in der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure als zweibasisches Salz enthalten war, und als solches durch Ammoniak nicht vollständig gefällt werden konnte. Bei einem zweiten, auf gleiche Weise angestellten Versuche gaben 0,956 Grm. $\dot{M}g^2 \dddot{\ddot{P}}$ nach der Fällung mit Ammoniak 0,937 $\dot{M}g^2 \dddot{\ddot{P}} = 98{,}01$ Proc.

Heintz führt in der schon erwähnten Abhandlung an, dafs die geglühte phosphorsaure Magnesia durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron vollständig zerlegt und nach ihrer Auflösung in Säuren dann ganz wieder durch Ammoniak gefällt werden könne. Die beiden angeführten Versuche haben bewiesen, dafs diefs nicht der Fall ist, wenigstens beim Schmelzen über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, wovon ich mich auch in mehrfach anderen Fällen noch hinreichend überzeugt habe. Da **Heintz** bei einigen seiner Versuche anführt, er habe sich beim Schmelzen über der Spirituslampe eines Gebläses bedient, so schliefse ich daraus, dafs er dasselbe auch hierbei angewendet habe, und dafs die leichtere Zersetzbarkeit der phosphorsauren Magnesia der Wirkung der höheren Temperatur zuzuschreiben ist.

Da ein Gemenge von kohlensaurem Natron und kohlensaurem Kali nach gleichen Atomgewichtsverhältnissen viel leichter schmelzbar ist als jedes der beiden Salze für sich allein, so wendete ich dieses Gemenge zur Zersetzung der phosphorsauren Magnesia an, und fand, nachdem die Masse in einer Säure aufgelöst und die Auflösung mit Ammoniak übersättigt worden war, dafs hierdurch die ganze Menge der phosphorsauren Magnesia gefällt worden war, da in der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit phosphorsaures Natron auch nicht die mindeste Trübung hervorbrachte. Ein Beweis also, dafs hier die leichtere Schmelzbarkeit der Masse, dort die höhere Temperatur die vollständige Zersetzung des Salzes herbeigeführt haben mufste. Die phosphorsauren Verbindungen der Kalk-, Strontian- und Ba-

ryterde können jedoch hierdurch eben so wenig wie bei Anwendung eines kohlensauren Alkalis für sich allein vollständig zerlegt werden. Bei diesen kann zwar durch Behandlung des Salzes mit Schwefelsäure, und bei der Kalkerde durch Hinzufügung von Alkohol die Base sehr leicht und vollständig abgeschieden werden, um aber hierbei die ganze Menge der Phosphorsäure wieder zu erhalten, ist es nothwendig diese mit kohlensaurem Natron bis zur Trockne einzudampfen und zu schmelzen. Nach dem Auflösen der Salzmasse in einer Säure und Sättigen der Flüssigkeit mit Ammoniak kann die Phosphorsäure dann vollständig durch Magnesia wieder gefällt werden.

Eben so wenig kann die pyrophosphorsaure Magnesia ganz durch Ammoniak wieder gefällt werden, wenn dieselbe längere Zeit mit einer Säure erhitzt worden ist. Man erhält zwar bei der Reaction mit salpetersaurem Silberoxyd einen gelben Niederschlag, doch hat die Umwandlung in das dreibasische Salz nicht vollständig stattgefunden, wie folgende Versuche zeigen.

1,308 Grm. $Mg^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ in einem Kolben mit Chlorwasserstoffsäure übergossen, zwei Stunden lang damit gekocht, die starke saure Flüssigkeit mit Ammoniak übersättigt und den Niederschlag nach 16stündigem Stehen filtrirt, gaben 1,291 $Mg^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} = 98{,}70$ Proc.

In der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit brachte phosphorsaures Natron eine Trübung hervor.

1,220 Grm. $Mg^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ auf gleiche Weise drei Stunden lang mit Salpetersäure von 1,434 spec. Gewicht gekocht, die Flüssigkeit mit Ammoniak übersättigt und der Niederschlag nach 16stündigem Stehen filtrirt, gaben: 1,192 $Mg^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} = 97{,}70$ Proc. Phosphorsaures Natron erzeugte in der abfiltrirten Flüssigkeit eine Trübung.

Das beste Resultat lieferte die concentrirte Schwefelsäure, wie dieselbe diefs auch beim pyrophosphorauren Natron gethan hatte. (S. O.)

1,822 Grm. $Mg^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ in einer Platinschale zwei Stunden

lang mit concentrirter Schwefelsäure bei ganz gelinder Temperatur erhitzt, nach dem Erkalten die syrupartige Masse in Wasser aufgelöst, die Auflösung mit Ammoniak übersättigt und der Niederschlag nach 16stündigem Stehen filtrirt, gaben: 1,806 $\dot{Mg}^2 \overset{.....}{P}$ = 99,12 Proc. Phosphorsaures Natron brachte in der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit nur eine ganz geringe Trübung hervor.

Hieraus geht hervor, dafs, wenn phosphorsaure Ammoniak-Magnesia aus einer Flüssigkeit abgeschieden und geglüht worden ist, und dieselbe aus irgend einer Ursache wieder aufgelöst und durch Ammoniak gefällt werden mufs, der einzige Weg, dieselbe Menge wieder zu erhalten, der ist, die geglühte pyrophosphorsaure Magnesia mit einem Gemenge von kohlensaurem Natron und kohlensaurem Kali zu schmelzen.

Ich mache noch auf den Unterschied der Niederschläge in ihren äufseren Eigenschaften aufmerksam, welchen das krystallisirte phosphorsaure und das pyrophosphorsaure Natron mit der Magnesia zeigen. Erstere sind körnig-krystallinisch, senken sich besonders beim Erwärmen bald, und die darüberstehende Flüssigkeit ist vollkommen klar, letztere sind flokkig-voluminös, senken sich nur sehr langsam, und die darüberstehende Flüssigkeit bleibt beständig trübe. Die kleinsten Quantitäten Phosphorsäure in ihren dreibasischen Verbindungen werden, wenn die Flüssigkeit etwas erwärmt worden ist, beim Hinzufügen eines Magnesiasalzes bald sichtbar und vollständig gefällt. Der Niederschlag zeigt dabei die bekannte von Wollaston zuerst angegebene Eigenschaft, sich an den mit dem Glasstabe geriebenen Stellen des Glases abzusetzen. Mit den pyrophosphorsauren Salzen ist diefs nicht der Fall, wenn dieselben in kleinen Mengen in einer Auflösung enthalten sind, und die Auflösung eines Magnesiasalzes hinzugesetzt wird. Stellt man hierüber vergleichende Versuche an, und setzt zu einigen Tropfen pyrophosphorsauren und gewöhnlichen krystallisirten phosphorsauren Natrons, bei gleichem Concentrationsgrade der Auflösungen, vieles Wasser, hierauf ein Gemisch von schwefelsaurer Mag-

nesia, Salmiak und Ammoniak, und erwärmt die Flüssigkeiten, so wird man finden, dafs im ersteren Falle die Flüssigkeit keine Veränderung erleidet, sie bleibt lange Zeit klar, während im anderen Falle sehr bald eine Trübung eintritt, und die ganze Menge der Phosphorsäure als unlösliche Magnesiaverbindung ausgeschieden wird. Erst nach langer Zeit erscheint in der Auflösung des pyrophosphorsauren Natrons eine ganz geringe Trübung, die aber viel unbedeutender ist, als die, welche in der Auflösung des krystallisirten phosphorsauren Natrons entstanden ist.

Die Eigenschaft der pyrophosphorsauren Magnesia, in Säuren aufgelöst, nicht vollkommen wieder durch Ammoniak gefällt werden zu können, zeigt jetzt nichts Auffallendes mehr, sonderbar ist es aber, dafs die nicht geglühte phosphorsaure Ammoniak-Magnesia diese Eigenschaft auch besitzt, da bei der Auflösung derselben in Säuren beim Hinzukommen von Ammoniak alle Bedingungen zur Bildung des dreibasischen Salzes vorhanden sind. Die Ursache hiervon kann nur in folgendem Umstand liegen.

Das Bestreben der Phosphorsäure, dreibasische Verbindungen zu bilden, ist nicht sehr grofs, und tritt nur unter gewissen Umständen hervor, nämlich wenn ein phosphorsaures Salz mit einem oder zwei Atomen Base mit einem Ueberschufs von kohlensaurem Alkali geschmolzen wird, oder auch, wenn die Phosphorsäure im isolirten Zustande sich befindet. Wird Phosphorsäure bei schwacher Rothglühhitze abgedampft, so verwandelt sie sich in Pyrophosphorsäure, läfst man diese lange Zeit mit Wasser in Berührung, so nimmt sie 1 Atom Wasser auf, und giebt dann mit salpetersaurem Silberoxyd einen gelben Niederschlag.

Bei einem im Wasser aufgelösten pyrophosphorsaurem Salze findet die Aufnahme des dritten Atoms Base entweder gar nicht oder nur höchst unvollständig statt. Man kann eine Auflösung des pyrophosphorsauren Natrons lange Zeit mit Wasser stehen lassen, damit kochen, ja selbst mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron lange Zeit kochen und damit bis zur Trockne eindampfen, das Salz in

Wasser aufgelöst, hat sich nicht verändert, und giebt, nachdem durch Behandlung mit Salpetersäure in der Kälte das kohlensaure Natron zersetzt worden ist, mit salpetersaurem Silberoxyd einen rein weifsen Niederschlag. Durch Behandlung des Salzes mit Säuren findet zwar, wie gezeigt worden ist, eine solche Veränderung statt, dafs es mit salpetersaurem Silberoxyd einen gelben Niederschlag giebt, doch ist die Aufnahme des dritten Atoms Base durchaus nicht vollständig bewirkt worden, wie die Versuche über die quantitative Bestimmung der Phosphorsäure durch Magnesia gezeigt haben.

Wird phosphorsaure Ammoniak-Magnesia in Säuren aufgelöst, so nimmt die Säure das dritte Atom Base, das Ammoniak, welches nur mit loser Verwandtschaft gebunden ist, fort, dieses scheint aber nicht vollständig wieder durch 1 At. Wasser ersetzt zu werden, und in der Auflösung mufs daher neben dreibasischer Phosphorsäure auch Pyrophosphorsäure enthalten seyn, da Ammoniak nicht die ganze Menge des Salzes wieder zu fällen im Stande ist, und phosphorsaures Natron in der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit auf's Neue einen Niederschlag erzeugt. In der That läfst sich auch die Gegenwart der Pyrophosphorsäure, wenn die Auflösung der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia in Salpetersäure geschehen ist, mit Bestimmtheit auf eine Art nachweisen, wie ich es weiter unten zeigen werde.

Man kann den Einwand machen, warum die so eben gegebene Erklärung der Zersetzung der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia durch Säuren, nicht auch stattfinde, wenn das dreibasisch phosphorsaure Natron in Säuren aufgelöst wird, indem dabei ebenfalls durch Entziehung eines Atoms Base Pyrophosphorsäure sich bilden könne; diefs ist jedoch nicht der Fall. Ich glaube es findet hierbei eine andere Zersetzung des Salzes statt.

Wird dreibasisch phosphorsaures Natron in Chlorwasserstoffsäure oder in irgend einer anderen Säure aufgelöst, so werden hierbei höchst wahrscheinlich alle drei Atome Base durch die Säure fortgenommen, gleichzeitig

aber auch drei Atome Wasser an die Phosphorsäure; wird jetzt die Flüssigkeit mit Ammoniak gesättigt, so kann die Phosphorsäure vollständig durch Magnesia gefällt werden.

Die Ansicht, dafs in der Auflösung der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia in Säuren neben dreibasischer Phosphorsäure auch Pyrophosphorsäure enthalten sey, läfst sich durch die gewöhnlichen Versuche mit salpetersaurem Silberoxyd schwer beweisen, doch findet sie ihre Bestätigung, einestheils in der nicht vollständigen Fällbarkeit des Magnesiasalzes durch Ammoniak, und anderntheils durch einen Versuch der für diese Ansicht als Hauptbeweisgrund dient, und gleichzeitig auch zeigt, dafs die Pyrophosphorsäure, mit Säuren behandelt, zwar in die dreibasische Verbindung übergeht, aber dafs diefs nur auf unvollkommene Weise stattfindet.

Hat man nämlich phosphorsaure Ammoniak-Magnesia in Salpetersäure, sey es in der Kälte oder in der Wärme, aufgelöst, und setzt zur Auflösung salpetersaures Silberoxyd, so erhält man durch sehr vorsichtiges Sättigen der Flüssigkeit mit Ammoniak einen gelben Niederschlag von phosphorsaurem Silberoxyd. Wird dieser Versuch nicht mit ganz besonderer Vorsicht ausgeführt, so dafs die Menge des Ammoniaks nur ganz unbedeutend mehr beträgt, als zur Erzeugung des gelben Niederschlags erforderlich ist, so sieht man denselben gar nicht entstehen, es erscheint dann gleich der weifse des Magnesiasalzes. Doch kann man den gelben Niederschlag immer mit Sicherheit erhalten, wenn man weniger Säure nimmt, als zur Auflösung der phosphorsaurem Ammoniak-Magnesia nöthig ist, die klare Auflösung abgiefst, und dann eine neutrale Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd zusetzt. Der gelbe Niederschlag entsteht dann bei der Neutralität beider Flüssigkeiten sogleich, ohne dafs ein Zusatz von Ammoniak nöthig ist. Dieser gelbe Niederschlag ist zwar ein Beweis, dafs in der Auflösung der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia in einer Säure die dreibasische Phosphorsäure enthalten ist, stellt man jedoch diesen Versuch in anderer Weise an, so wird man sich überzeugen, dafs die Auflösung nebenbei auch Pyrophosphorsäure enthält. Die damit verbundene Magnesia

wird daher durch Ammoniak nicht gefällt, und ist in der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit enthalten. Sie kann mit Sicherheit auf folgende Weise erkannt werden.

Man löst phosphorsaure Ammoniak-Magnesia in Salpetersäure auf, schlägt dieselbe durch Ammoniak wieder nieder und filtrirt den Niederschlag nach längerem Stehen. Zu der abfiltrirten ammoniakalischen Flüssigkeit setzt man salpetersaures Silberoxyd, und neutralisirt hierauf die Flüssigkeit sehr vorsichtig mit Salpetersäure. Da die Menge der in dieser Flüssigkeit enthaltenen Pyrophosphorsäure nur sehr gering ist, so sieht man bei der Neutralisation mit Salpetersäure im Anfange fast gar nichts, bei einiger Aufmerksamkeit aber eine geringe weifse Trübung, die nach einiger Zeit weifse Flocken von pyrophosphorsaurem Silberoxyd zu Boden fallen läfst.

Die Umwandlung der geglühten pyrophosphorsauren Salze in die dreibasische Verbindung durch Säuren geschieht weit schwieriger, als diefs der Fall ist, wenn phosphorsaure Ammoniak-Magnesia in einer Säure aufgelöst wird, wobei, wie schon erwähnt, die Säure sich mit dem Ammoniak verbindet, und die Auflösung neben dreibasischer Phosphorsäure nur eine sehr kleine Menge Pyrophosphorsäure enthält. Daher kommt es auch, dafs wenn man geglühte pyrophosphorsaure Magnesia in Säuren auflöst und durch Ammoniak die Fällung wieder bewirken will, in der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit durch phosphorsaures Natron ein weit stärkerer Niederschlag entsteht, als wenn nicht geglühte phosphorsaure Ammoniak-Magnesia aufgelöst worden ist. Man kann sich daher auch, wenn die Auflösung der pyrophosphorsauren Magnesia in Salpetersäure geschehen, mit Ammoniak wiederum gefällt und der Niederschlag abfiltrirt worden ist, in der filtrirten Flüssigkeit mit gröfserer Sicherheit von der Gegenwart der Pyrophosphorsäure überzeugen, wenn man in derselben die vorher angeführte Reaction mit salpetersauren Silberoxyd macht, da hier die Menge der Pyrophosphorsäure, welche der Umwandlung entgangen ist, weit bedeutender ist.

Fresenius in seiner Abhandlung über die Löslichk-

verhältnisse der basisch posphorsauren Ammoniak-Magnesia führt an [1]) dafs er beim Auflösen dieses Salzes in Salpetersäure und nachherigem Fällen durch Ammoniak beim Eindampfen der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit einen Rückstand von 0,0015 Grm. bei 84,42 Grm. Flüssigkeit erhalten habe. Da ich bei allen meinen Versuchen die in Säuren aufgelöste phosphorsaure Ammoniak-Magnesia durch Ammoniak wieder zu fällen in der vom Niederschlage abfiltrirten Flüssigkeit durch phosphorsaures Natron einen bedeutend gröfseren Gehalt vom Doppelsalze abgeschieden habe, so kann der aufserordenlich kleine Rückstand, den Fresenius dabei erhalten hat, nur von einer sehr kleinen Menge des zu diesem Versuche angewendeten Salzes herrühren. Selbst wenn ich dazu frisch gefällte phosphorsaure Ammoniak-Magnesia anwendete, wobei, wie ich anführte, noch die gröfste Menge wieder durch Ammoniak gefällt wird, so waren die dabei aufgelöst gebliebenen Mengen doch weit bedeutender als nach jener Angabe.

Fresenius hat ferner gefunden, dafs beim Fällen der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia grofse Mengen ammoniakalischer Salze nachtheilig sind, indem in diesen das Doppelsalz etwas löslicher ist als in reinem Ammoniak. Ist Pyrophosphorsäure in der Auflösung, und diese soll durch ein Magnesiasalz gefällt werden, so findet gerade das Entgegengesetzte statt. Je gröfser die Menge des in der Auflösung enthaltenen ammoniakalischen Salzes ist, um so vollkommener ist auch die Ausscheidung des Doppelsalzes, wie die Versuche hierüber diefs bewiesen haben.

Eine Analyse des krystallisirten phosphorsauren Natrons, wobei die Phosphorsäure durch Magnesia auf die Weise bestimmt wurde, dafs erst nach Bestimmung des Wassergehalts der geglühte Rückstand mit kohlensaurem Natron geschmolzen wurde, stimmt ganz mit der von Fresenius gefundenen Zusammensetzung überein.

Da das bei einem oben angeführten Versuche angewendete krystallisirte phosphorsaure Natron schon etwas ver-

1) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 55, 1. Heft.

wittert war, und einen geringeren Wassergehalt gegeben hatte, als es der Berechnung nach geben sollte, so wurde dasselbe hierbei noch einmal umkrystallisirt, und das in feinen Krystallnadeln erhaltene Salz zwischen Fliefspapier und hierauf kurze Zeit an der Luft getrocknet.

4,113 Grm. des Salzes gaben:

Gefunden.				Berechnet [1]).		Fresenius.
2,579 Grm.	Aq.	=62,70	Proc.	62,71	=25 Aq.	62,67
0,820 -	$\overset{.....}{P}$	=19,96	-	19,90	= $\overset{.....}{P}$	19,87
0,704 -	$\dot{Na}$	=17,34	-	17,39	= 2$\dot{Na}$	—

Das Natron ist aus dem Verluste bestimmt.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dafs die Bestimmung der Magnesia durch Phosphorsäure durchaus mit keinen Schwierigkeiten verknüpft ist, da man hierbei in allen Fällen sich der Auflösung des krystallisirten phosphorsauren Natrons bedient. Weit vorsichtiger aber mufs man bei der Bestimmung der Phosphorsäure durch Magnesia seyn. Es ist diefs von besonderer Wichtigkeit bei der Analyse der Pflanzenaschen, wo in dem chlorwasserstoffsauren Auszuge der Kohle durch Ammoniak phosphorsaure Erden gefällt und zur weiteren Untersuchung diese in Säuren wieder aufgelöst werden müssen. Wird dabei die Phosphorsäure durch Magnesia bestimmt, so kann ein bedeutender Verlust derselben entstehen. In allen Fällen, wo phosphorsaure Erden abgeschieden worden sind, müssen daher dieselben zur genauen Bestimmung der Phosphorsäure mit einem Gemenge von kohlensaurem Natron und kohlensaurem Kali geschmolzen werden. Es wird zwar bei Gegenwart von phosphorsaurer Kalkerde diese nicht vollständig durch das Schmelzen zerlegt, doch kann dann diese durch nachherige Behandlung mit Schwefelsäure und Alkohol leicht zerlegt werden. Die in der abfiltrirten alkoholischen Flüssigkeit enthaltene Phosphorsäure mufs jedoch gleichfalls mit kohlensaurem Natron zur Trockne eingedampft und damit

1) Natrium =289,729, Phosphor P =392,041.

geschmolzen werden. Nur auf diesem freilich etwas weitläufigem Wege kann man die in der Substanz enthaltene Phosphorsäure mit Genauigkeit durch Magnesia abscheiden.

XIV. *Nickeloxydhydrat, ein neues Mineral.*

Diefs Mineral findet sich als Krusten von smaragdgrüner Farbe, seltner als Stalactiten und stängliche Massen auf der Oberfläche des Chromeisensteins von Texas, Grafschaft Lancaster, Pennsylvanien, und ist unter der Benennung *grünes Chromoxyd* im vorigen Jahre unter die amerikanischen Mineralogen verbreitet worden. Nach der Untersuchung des Prof. B. Silliman jun., ist es jedoch Nickeloxydhydrat, und zwar $\dot{Ni}\dot{H}^2$, während das künstliche $=\dot{Ni}\dot{H}$. Es ist oft mit Carbonat von Kalk und Talkerde überzogen, läfst sich aber leicht vom Chromeisenstein trennen. Für sich ist es ganz durchsichtig, von höchst lebhafter smaragdgrüner Farbe, starkem Glasglanz, unebenem, schuppigem Bruch, dem spec. Gew. 3,0523 und der Härte 3,0 bis 3,25, etwas über Kalkspath; ist sehr spröde, leicht zerreiblich und ein gelbgrünes Pulver liefernd. Erhitzt verliert es etwas über 212° F., unter Aushauchung eines empyreumatischen Geruchs, neutral reagirendes Wasser (38,50 Proc.) und wird schwärzlich. Mit Borax fliefst es leicht zu einer durchsichtigen Perle, von dunkelgelber oder röthlicher Farbe in der Hitze und fast gänzlicher Farblosigkeit in der Kälte, enthält also kein Chrom. In der reducirenden Flamme wird es mit Borax grau und opak, von fein vertheiltem metallischem Nickel, das, ausgewaschen aus der erkalteten Perle, dem Magnete folgt. Es löst sich vollkommen in Salzsäure (abgerechnet einige Flitterchen von Chromeisenstein) und die Lösung wird nicht von Schwefelwasserstoff getrübt, läfst auch kein Chrom entdecken. (Sillim. *Journ.*, *Ser. II*, *Vol. III.*)

XV. *Ueber einige Punkte aus dem Gebiete der polymeren Isomorphie, welche von den HH. Naumann, Haidinger, Blum und Rammelsberg in Frage gestellt worden sind; von Th. Scheerer in Freiberg.*

Wohl selten wird eine neue Lehre, wenn sie sich nicht auf rein mathematische Basis stützt, in so vollkommener Art entworfen, daſs sie keiner Modificationen bedürftig wäre. Jede solche Theorie ist vielmehr nur als Vorschlagsmeinung zu betrachten, die der Mitwirkung Anderer eine Prüfung anheimstellt, zu welcher es dem Blicke des Autors an Vielseitigkeit gebricht. Ist die Theorie eine in ihren Grundzügen wahre, so wird sie sich durch jede rationelle Kritik nur noch mehr befestigen, und jeder gegen sie gerichtete Einwurf wird ihr nur Gelegenheit geben, eine neue Seite ihres wohlgeordneten inneren Getriebes zu enthüllen. Eben so werthvoll wie der Beifall, welcher der hier in Rede stehenden Lehre von sehr gewichtigen Stimmen zu Theil geworden ist, waren mir daher die Bedenken, welche einige ausgezeichnete Forscher dagegen aufgestellt haben. Ich wurde hierdurch zur schärferen Fixirung einiger Punkte geführt, welche wesentliche Momente in meiner Theorie bilden, und wage zu hoffen, daſs es mir auf solche Weise gelungen sey, jene Bedenken zu heben.

In einer Reihe von Abhandlungen (diese Ann., Bd. 68, S. 319; Bd. 70, S. 411 und 545; Bd. 71, S. 285 und 445; v. Leonhard und Bronn's Jahrb. 1846, S. 798) habe ich hauptsächlich folgende Thesen zu beweisen gesucht:

1) Daſs der Aspasiolith als ein Cordierit zu betrachten sey, in welchem ein Theil der Talkerde durch Wasser polymer-isomorph ersetzt ist, nämlich so, daſs 1 Atom Mg durch 3 Atome $\dot{H}$ — bezeichnet mit $(\dot{H})$ — vertreten wird.

2) Dafs der Serpentin als ein Olivin gelten könne, in welchem auf gleiche Weise ein Theil der Talkerde durch Wasser erstattet ist.

3) Dafs es eine sehr grofse Anzahl anderer Mineralien gebe, in denen das Wasser als eine mit $\dot{Mg}$, $\dot{Fe}$, $\dot{Mn}$ u. s. w. polymer-isomorphe Base auftritt. (Die Formeln von mehr als 130 hierher gehörigen Mineralien wurden entwickelt.)

4) Dafs Aspasiolith, Serpentin, Fahlunit, Praseolith, die Glimmer, Chlorite, der krystallisirte Talk, überhaupt alle von den betreffenden Mineralien als accessorische Gemengtheile des *Urgebirges* vorkommenden Species, ihren Gehalt an Wasser gleich bei ihrer Entstehung, also in der *Urzeit*, aufnahmen.

5) Dafs es aber auch viele andere wasserhaltige Mineralien giebt, wie z. B. Neolith, welche ganz *neuer Entstehung* sind.

6) Dafs sich die Ansicht v. Bonsdorffs, dafs $2\dddot{Si}$ in gewissen Fällen durch $3\dddot{Al}$ isomorph ersetzt werden, durch neuere Analysen von Amphibolen, Augiten und einigen anderen Mineralien als eine begründete herstelle.

Ich werde jetzt diese sechs Thesen der Reihe nach durchgehen und dabei sowohl die betreffenden Einwürfe der genannten Forscher zu beseitigen, als auch mich über einige Punkte näher zu erklären suchen.

Zur Thesis 1.

Im 40. Bande von Erdmann und Marchand's Journal (Heft 1, S. 1) hat mein hochverehrter Freund Naumann, unter Anerkennung vieler der für die Annahme der polymeren Isomorphie sprechenden Thatsachen, die quantitative Seite derselben zu berichtigen gesucht, indem er gezeigt hat, dafs man, beim Aspasiolith wenigstens, nicht gerade zu der Annahme genöthigt sey, dafs *drei* Atome Wasser ein Atom Talkerde ersetzen, sondern dafs eine gröfsere Wassermenge — 4 oder 5 Atome — hierin der Wahrheit

noch näher komme. Naumann ging in seiner Betrachtungsweise von dem sich aus meiner Analyse des Aspasiolith ergebenden Sauerstoffverhältnisse aus, nämlich:

$$\begin{matrix} \dddot{Si}. & \dddot{Al}. & \dot{R}. & \dot{H}. \\ 26{,}18 : & 15{,}12 : & 3{,}63 : & 5{,}98, \end{matrix}$$

welche Proportion unter der Voraussetzung stattfindet, dafs sämmtliches Eisen im Aspasiolith als Oxydul (2,46 Proc.) vorkomme. Dividirt man nun den Sauerstoff des Wassers durch 3 und addirt den erhaltenen Quotienten zum Sauerstoff von $\dot{R}$, so ergiebt sich:

$$\begin{matrix} \dddot{Si}. & \dddot{Al}. & \dot{R}. \\ 26{,}18 : & 15{,}12 : & 5{,}62. \end{matrix}$$

Die von mir für den Aspasiolith aufgestellte Formel, welche, wenn man $(\dot{R})$ gegen $\dot{R}$ vertauscht, zugleich für den Cordierit gilt:

$$(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 3 \dddot{Al} \dddot{Si},$$

verlangt aber, dafs der Sauerstoff von $(\dot{R})$ sich zu dem von $\dddot{Al}$ verhalte wie 1 : 3. Die Analyse sollte also, meint Naumann, wenn wirklich *drei* Atome Wasser ein Atom Talkerde ersetzen, für $(\dot{R})$ eigentlich nur $\frac{15{,}12}{3} = 5{,}04$ Sauerstoff ergeben haben, während doch 5,62 gefunden wurde. Nimmt man dagegen an, dafs 1 $\dot{M}g$ durch 4 $\dot{H}$ ersetzt werde, so erhält man den Sauerstoff von $(\dot{R}) = \frac{5{,}98}{4} + 363 = 5{,}13$; und bei der Annahme von $5\dot{H} = 1\dot{M}g$ ergiebt sich dieser Sauerstoff $= 4{,}83$. Beide letztere Resultate, sowohl 5,13 als 4,83, kommen der erforderten Zahl 5,04 näher, als das zufolge meiner Annahme $3\dot{H} = 1\dot{M}g$, berechnete Resultat; denn die Differenzen in den entsprechenden Fällen betragen $+0{,}58$, $+0{,}09$ und $\div 0{,}21$.

So richtig diese Betrachtungsweise erscheinen mag, enthält dieselbe dennoch einen Punkt, welchen ich nicht billigen kann; nämlich den, dafs Naumann von dem Sauer-

stoffgehalt der Thonerde als einer *durchaus feststehenden Zahl ausgeht.* Die Analyse wasserhaltiger Silicate, welche gröfsere Mengen Thonerde, Talkerde und Eisen (Oxyd oder Oxydul) enthalten, ist mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft; namentlich aber ist es mit Hülfe der uns bis jetzt zu Gebote stehenden Methoden, selbst bei der gröfsten Sorgfalt, nicht möglich Thonerde und Talkerde vollkommen scharf von einander zu trennen. Bei einer jeden solchen Analyse wird also sowohl die gefundene Menge der Thonerde als die der Talkerde mit kleinen Fehlern behaftet seyn, welche *relativ* dadurch noch vergröfsert werden, dafs sie sich bei dem einen dieser Bestandtheile *positiv*, bei dem anderen *negativ* geltend machen. Aufserdem ist es ganz ungewifs — und bei einer so kleinen Menge äufserst schwierig zu entscheiden — ob alles Eisen im Aspasiolith als Oxydul auftrete, was ebenfalls zur Unsicherheit in Bezug auf den Sauerstoffgehalt von $\dddot{Al}$, oder vielmehr von $\dddot{R}$, beitragen mufs. Beim Cordierit habe ich gezeigt, dafs in ihm sehr wahrscheinlich sämmtliches Eisen als Oxyd (mit 0,38 Sauerstoff) vorkomme, und erlaubte mir daher die Annahme, dafs der Aspasiolith ebenfalls eine solche geringe Quantität Eisenoxyd enthalte.

Bei der Voraussetzung, dafs im Aspasiolith und Cordierit sämmtliches Eisen als Oxydul auftrete, ergeben sich folgende Sauerstoffverhältnisse für diese Mineralien:

	$\dddot{Si}$.	$\dddot{Al}$.	$\dot{R}$.	$\dot{H}$.	
Aspasiolith	26,18 :	15,12 :	3,63 :	5,98	(1)
Cordierit	26,20 :	15,26 :	5,48		

während sich diese Verhältnisse, bei Annahme jener so eben gedachten kleinen Menge $\dddot{Fe}$, umgestalten zu:

Aspasiolith	26,16 :	15,52 :	3,38 :	5,98	(2)
Cordierit	26,20 :	15,64 :	5,26		

Welcher dieser beiden Annahmen man sich zuwenden will, ist für unseren Zweck ziemlich gleichgültig; nur darf man, aus den eben angeführten Gründen, keinem dieser Sauer-

stoffverhältnisse eine *mathematische* Genauigkeit zuschreiben, am wenigsten aber von dem Verhältnisse $\dddot{\mathrm{R}}$: $\dot{\mathrm{R}}$ oder ($\dot{\mathrm{R}}$) verlangen, dafs es der stöchiometrischen Formel mit vollkommenster Schärfe entspreche. Bei der Ermittlung der Anzahl Wasseratome, welche 1 Atom Talkerde ersetzen, kann daher der von Naumann eingeschlagene Weg — Fixirung der Analyse des Aspasiolith und Vergleichung derselben mit der Formel des Cordierit — zu keinem richtigen Resultate führen, sondern in dieser Hinsicht ist es durchaus vorzuziehen, die Analyse des Aspasiolith unmittelbar mit der des Cordierit zu vergleichen. Beide Analysen sind zwar mit kleinen Fehlern behaftet: *aber mit ganz analogen und annähernd gleich grofsen;* denn beide Mineralien wurden, mit möglichster Sorgfalt, *auf ganz gleichem Wege analysirt,* so dafs die Mangelhaftigkeit der analytischen Methode nur auf das *absolute*, nicht aber auf das *relative* Resultat einwirken konnte. Zur gedachten unmittelbaren Vergleichung können wir von den eben angeführten Sauerstoffproportionen, (1) und (2), sowohl die erste als die zweite wählen. Die Sauerstoffmengen der Kieselerde in beiden Mineralien (26,18 und 26,20), so wie die der Thonerde (15,12 und 15,26) sind einander so nahe gleich, dafs sie unter den hier obwaltenden Umständen für identisch gelten können. Es wird sich also nun darum handeln, dafs auch die Sauerstoffmengen von ($\dot{\mathrm{R}}$) und $\dot{\mathrm{R}}$ einander möglichst gleich werden, mit anderen Worten also, dafs der Sauerstoff von ($\dot{\mathrm{R}}$) möglichst nahe $=5{,}48$ wird. Bezeichnen wir die Anzahl Wasseratome, welche dazu gehört 1 At. Talkerde zu vertreten, mit x, so erhalten wir die Gleichung:

$$3{,}63 + \frac{5{,}98}{x} = 5{,}48,$$

woraus sich ergiebt:

$$x = 3{,}23.$$

Auf gleiche Weise erhalten wir bei Benutzung der Sauerstoffproportionen (2):

$$3{,}38 + \frac{5{,}98}{x} = 5{,}26$$

$$x = 3{,}18.$$

In beiden Fällen ergiebt sich also mit einer Schärfe, wie sie unter den erwähnten Umständen kaum gröfser zu verlangen ist, dafs *drei* Atome Wasser ein Atom Talkerde ersetzen, ein Resultat, welches, wie Neumann einräumt, theils in den stöchiometrischen, theils in den morphologischen Verhältnissen vieler anderer hierher gehöriger Mineralien vielfache Stützen findet. Dennoch aber bildet, wie sich Naumann sehr treffend ausdrückt, der Aspasiolith einen der Grundsteine der polymeren Isomorphie, und es mufs daher von Interesse seyn, gerade aus ihm das betreffende Gesetz dieser Isomorphie so scharf wie möglich ableiten zu können. Zu diesem Zwecke ist es von Wichtigkeit, dafs die Zusammensetzung des Aspasiolith möglichst genau ermittelt werde. Was hierzu durch eine wiederholte Analyse dieses Minerals meinerseits beigetragen werden kann, soll geschehen, namentlich da ich jetzt im Besitze noch ausgezeichneterer und reinerer Exemplare desselben bin, als es früher — vor meinem Besuche der Fundstätten des Aspasiolith und Cordierit zu Krageröe der Fall war [1]). —

Auch in Bezug auf die morphologische Möglichkeit, dafs Talk-

1) Noch mufs ich hier bemerken, dafs die oben angeführten Sauerstoffverhältnisse für Aspasiolith und Cordierit die nämlichen sind, deren ich mich in meiner ersten Abhandlung über die polymere Isomorphie (d. Ann., Bd. 68, S. 319) bedient habe, und welche auch von Naumann angewendet wurden. Diese Sauerstoffverhältnisse sind noch nach dem älteren Atomgewicht der Talkerde =258,14 (Berzelius) berechnet, und bedürfen daher vielleicht einer kleinen Correction, indem es neuerdings an Wahrscheinlichkeit gewonnen hat, dafs diese Zahl zu grofs ist. Eine genaue Angabe des Atomgewichts der Talkerde, dessen Bestimmung mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft ist, dürfte jedoch vor der Hand nicht möglich seyn. Nach meiner Bestimmung — welche aber dadurch unsicher wird, dafs sie auf das Atomgewicht der Baryterde basirt ist — ergab sich dasselbe =251,33, und nach einer Bestimmung Svanberg's, deren Resultat mir Baron Berzelius gütigst mittheilte, =254,49. Wie dem aber auch sey, so sind die Veränderungen, welche sich aus einem solchen niedrigeren Atomgewichte der Talkerde in Bezug auf die Sauerstoffverhältnisse des Aspasiolith und Cordierit ergeben, nur sehr unerheblich, und dieselben konnten daher bei den obigen Berechnungen aufser Betracht gelassen werden.

Talkerde durch Wasser isomorph ersetzt werden könne, hat sich Naumann ausgesprochen. Da die reine Talkerde, als Periklas, in regulären Octaëdern, das Wasser aber, so weit wir hiervon unterrichtet sind, hexagonal krystallisirt, so ist hierdurch allerdings keine solche Isomorphie gegeben, und man wird daher, bemerkt Naumann, entweder auf eine Dimorphie geführt oder auch — gewiſs mit vielem Grund — zur Annahme: daſs die *polymere* Isomorphie in dieser Hinsicht nicht nothwendig denselben Anforderungen zu genügen brauche wie die *monomere*. Letzteres ist ohne Zweifel das Wahrscheinlichste; denn man begreift nicht, warum, wenn Talkerde und Wasser im gewöhnlichen Sinne isomorph wären, da nicht ganz einfach *ein* Atom Talkerde durch *ein* Atom Wasser ersetzt werden sollte? Es wäre sogar, meiner Ansicht nach, eine mit dem Wesen der polymeren Isomorphie völlig im Widerspruch stehende Thatsache, wenn beide Körper in solchem Sinne isomorph wären; eben weil sie es *nicht* sind und weil die Gesetze der monomeren Isomorphie *keine* Formgleichheit bei ihnen zu Wege bringen können, treten hier unter gewissen Umständen die Gesetze einer Isomorphie in Wirksamkeit, welche nicht an *unmittelbare* Atomgleichheit gebunden ist. Nach welchen uns unbekannten Gesetzen der polymeren Isomorphie sich aber auch die Atome des Wassers gruppiren mögen, stets bleibt es freilich ausgemacht, daſs das Wasser hierbei in einer im isolirten Zustande an ihm nicht wahrnehmbaren Form, nämlich in der Form der Talkerde auftritt; und es muſs daher von Interesse seyn, sich die Möglichkeit eines solchen Auftretens zu versinnlichen. Dieſs will ich in dem Folgenden versuchen. Daſs es sich dabei um keinen scharfen mathematischen Nachweis, sondern nur um einen aufklärenden Fingerzeig handeln kann, brauche ich wohl kaum vorher zu bemerken.

Die Talkerde krystallisirt, als Periklas, in regulären Octaëdern; die Thonerde, als Corund, in hexagonalen Formen (theils 6seitigen Säulen, theils Rhomboëdern). Der Spinell, eine Verbindung von 1 Atom Talkerde und 1 Atom

Thonerde, krystallisirt *wie die reine Talkerde, in regulären Octaëdern.* Die tesserale Talkerde hat folglich im Spinell die hexagonale Thonerde gezwungen, sich gänzlich ihrer (der Talkerde-) Form unterzuordnen und tesseral zu krystallisiren. Hieraus geht zuvörderst die Möglichkeit hervor, dafs ein hexagonaler Körper, die Thonerde, in die Form eines tesseralen Körpers, der Talkerde, einzugehen vermöge, ohne dessen Form zu verändern; eine solche Möglichkeit läfst sich also wohl ohne grofse Hypothese — obschon der Fall nicht vollkommen analog ist — auch in Bezug auf das Eingehen des *hexagonalen Wassers* in die Krystallform der tesseralen Talkerde postuliren. Auf welche Weise es der Thonerde möglich werde, sich mit ihrer hexagonalen Form den Contouren eines regulären Octaëders anzuschmiegen, kann man sich, wenn man keinen Dimorphismus zu Hülfe nehmen will, folgendermafsen veranschaulichen. Der Corund kommt häufig in der Form $2R.0R$ vor, nämlich einem Rhomboëder von der Hauptaxe 2 und mit den basischen Abstumpfungsflächen. Diese combinirte Gestalt ist einem regulären Octaëder sehr ähnlich; man kann sie als ein Octaëder betrachten, welches sechs Kanten von 111° 15′ und sechs Kanten von 107° 38′ besitzt, während sich am regulären Octaëder zwölf Kanten von 109° 30′ finden. Kann der Corund in der Combination $\frac{9}{5}R.0R$ krystallisiren, so tritt er in einer Gestalt auf, welche, obgleich hexagonal, in ihren Contouren einem regulären Octaëder fast mathematisch gleichkommt [1]).

1) Beispiele wie das in Bezug auf $\dddot{Al}$ und $\dot{Mg}$ angeführte — nämlich von dem völligen Unterordnen der einen Krystallgestalt unter eine andere — giebt es eine grofse Anzahl. *Die Krystallform einer aus den Körpern a und b bestehenden Verbindung ist entweder gleich der von a oder der von b, oder sie ist eine mittlere, welche nach gewissen Gesetzen aus den Formen von a und b combinirt ist.* Näher will ich auf diesen Gegenstand, welcher mich schon seit langer Zeit beschäftigt hat, hier nicht eingehen, theils weil derselbe weniger hierher gehört, theils weil ich meine Untersuchungen hierüber noch auszudehnen wünsche.

Zur Thesis 2.

Indem **Naumann** (**Erdmann** und **Marchand's** Journal, Bd. 39, S. 196) bemerkt, dafs die Idee des polymeren Isomorphismus nicht leicht einen ansprechenderen Beweis finden konnte als denjenigen, welcher durch die bekannte Chrysolithform des Serpentin von Snarum geliefert wird, fügt derselbe hinzu, dafs wir deswegen aber doch wohl nicht berechtigt seyn dürften *alle* Serpentine, ohne vorherigen Nachweis ihres Isomorphismus mit Chrysolith, derselben Beurtheilung zu unterwerfen. Es fordere nämlich die Theorie des polymeren Isomorphismus die Erfüllung *zweier* Bedingungen, nicht blofs einer *stöchiometrischen*, sondern auch einer *morphologischen.* Denn erstens müsse sich die quantitative Zusammensetzung zweier nach dieser Theorie zu vergleichenden Körper dermafsen herausstellen, dafs die stöchiometrischen Verhältnisse, welche die polymere Isomorphie voraussetzt, mit hinreichender Genauigkeit, d. h. approximativ so weit erfüllt sind, als es unter Zulassung unvermeidlicher Fehler der Analysen erwartet werden kann. Zweitens sey es aber wohl eben so nothwendig, dafs die Krystallformen beider Körper in hinreichender Uebereinstimmung erkannt worden wären, weil aufserdem die Idee eines Isomorphismus gar nicht gerechtfertigt seyn würde.

Naumann hat gewifs vollkommen Recht, wenn er behauptet, dafs sich nur bei den krystallisirt vorkommenden Serpentinen ein *vollständiger Beweis* ihres polymeren Isomorphismus mit Olivin führen lasse. Inzwischen dürfte es wohl keine zu gewagte Voraussetzung seyn, in einem nicht in Krystallen vorkommenden Serpentine, dessen Bestandtheile aber die Formel $(\dot{R})^3 \dddot{Si}$ geben, eben so gut eine Isomorphie von $\dot{Mg}$ und $(\dot{H})$ anzunehmen, wie in einem Serpentinkrystall. Es ist hierbei wohl kaum mehr gewagt als bei der Annahme, dafs das Eisenoxydul in einer formlosen Granatmasse die Talkerde eben so gut ersetze wie in einem Granatkrystall.

Dafs der krystallisirte Serpentin bisher nur zu Snarum in Norwegen gefunden worden sey, scheint ein sehr verbreiteter Irrthum zu seyn. A. Beck (*Mineralogy of New York*, *p*. 119 bis 121) und Dana (*Mineralogy*, *p*. 309 bis 310) führen folgende amerikanische Fundstätten des krystallisirten Serpentin auf: 1) Antwerp, 2 M. südlich von Oxbow, Jefferson County (in Kalkstein, mit Bleiglanz); 2) Forest of Dean, Cornwall, Orange County; 3) Warwick, besonders 2 M. südlich vom Dorfe Amity; 4) Lawrence-County, besonders Rossie, 2 M. nördlich von Somerville. Die Angaben, welche die genannten Mineralogen über die Form der nordamerikanischen Serpentinkrystalle machen, scheinen auf den ersten Blick durchaus nicht mit den Quenstädt'schen Angaben über die Snarumer Krystalle zu harmoniren. Zwar gehören auch jene dem rhombischen (1- und 1-axigen) Systeme an; allein es sieht aus, als ob sie ganz andere Axenverhältnisse besäfsen als der Olivin. Man überzeugt sich jedoch bald, dafs der Grund dieser anscheinenden Verschiedenheit nur darin liegt, dafs Beck und Dana den Krystallen eine andere aufrechte Stellung gegeben haben, als die meisten deutschen Mineralogen gethan haben würden. Macht man nämlich Beck's und Danas.

Hauptaxe zur Brachydiagonalen A.
Makrodiagonale A. - Hauptaxe und
Brachydiagonale A. - Makrodiagonalen A.

so ergiebt sich bei einer demgemäfsen Veränderung in der Betrachtung der Flächen:

	Beim S. v. Nordamerika, nach Beck u. Dana.	Beim S. v. Snarum nach Quenstädt.	Beim Olivin, nach G. Rose u. Mohs.
∞P	128° ½	130°	130° 2'
$\infty \breve{P}2$	92°	—	94 0
$2\breve{P}\infty$	97 ½	—	99 7
P	105 ½	—	107 46
$\bar{P}\infty$	—	76	76 54

Mit Berücksichtigung des Umstandes, dafs die Serpentinkrystalle sich stets nur zu einer Messung mit dem Anlege-Goniometer eignen, ist diese Uebereinstimmung gewifs eine sehr genügende zu nennen.

Rammelsberg hat im kürzlich erschienenen dritten Supplemente seines chemisch-mineralogischen Handwörterbuchs, S. 110, eine Reihe von Serpentinanalysen zusammengestellt, aus denen sich mehr oder weniger genau die Formel

$$(Mg^3 \ddot{Si}^2 + 3\dot{H}) + 3\dot{Mg}\dot{H}$$

ableiten läfst. Diese Formel erfordert einen Wassergehalt von 12,87 Procent. Aber selbst in den von Rammelsberg angeführten Analysen schwankt derselbe zwischen 11,42 (Lychnell) und 14,723 (Stromeyer), nicht zu gedenken, dafs Rammelsberg die Serpentinanalysen von John, Shepard, Vanuxem und Beck nicht berücksichtigt hat, welche 15,20, 15,67, 16,11 und 21,00 Proc. Wasser geliefert haben. Er verwirft dieselben, weil er der Meinung ist, dafs sie mit keinem hinreichend reinen Serpentin angestellt seyen. Hierüber möchten aber wohl nur die genannten Analytiker selbst entscheiden können, denen daher Rammelsberg's Meinung vorzulegen ist. — Dafs die Mehrzahl der Serpentinanalysen keinen von 12 bis 13 Procent sehr abweichenden Wassergehalt ergeben hat, kann gewifs als kein Einwurf gegen meine Theorie gelten, und eben so wenig, dafs sich nicht aus *allen* Serpentinanalysen das Sauerstoffverhältnifs von $\dddot{Si} : (\dot{R})$ ganz genau wie 1 : 1 ergiebt. Bei einem so leicht zersetzbaren und so schwierig völlig frei von Einmengungen zu erhaltenden Minerale wie der Serpentin kann letzteres wohl nicht auffallen, zumal da es sich hier nur um geringe Differenzen handelt [1]).

1) Das sich aus der Rammelsberg'schen Serpentinformel für das Sauerstoffverhältnifs $\dddot{Si} : (\dot{R})$ ergebende Zahlenverhältnifs ist = 100 : 92, während es nach meiner Formel 100 : 100 seyn soll. Einige Serpentinanalysen nähern sich mehr dem ersteren, andere aber entschieden dem letzteren. Ich habe dargethan (s. d. Ann., Bd. 71, S. 445), dafs die von einigen der ausgezeichnetsten Analytiker angestellten Analysen des

Selbst der Serpentin von Snarum zeigt sich unter dem Mikroskope oft durch solche Einmengungen verunreinigt. Unter solchen Umständen mufs es daher auch schwer fallen die Rolle zu bestimmen, welche die in manchen Serpentinen auftretenden kleinen Thonerdemengen spielen. Rühren sie, wie gewifs zuweilen der Fall, von eingemengtem Glimmer oder ähnlichen Mineralien her, so dürfte es wohl am gerathensten seyn, sie als $\dddot{Al}\,\dddot{Si}$ in Abrechnung zu bringen. Möglich ist es aber auch, dafs sie in einigen Serpentinen entsprechende kleine Quantitäten von Kieselerde ersetzen. Rammelsberg nimmt stets das letztere an [1]), während ich das erstere gethan habe. Vollkommen Recht hat hierin gewifs keiner von uns Beiden; wer aber am meisten Recht habe, möchte nicht leicht zu entscheiden seyn. Beim Snarumer Serpentin kommen Einmengungen von Glimmer, Hydrotalkit, Steatit und noch anderen, zum Theil bisher nicht näher untersuchten Mineralien vor. Vielleicht gelingt es mir später einmal, einen ausnahmsweise thonerdefreien Serpentin von Snarum zur Analyse ausfindig zu machen.

Zur Thesis 3.

Die vielfache Bestätigung, welche die aus der Constitution des Aspasiolith und Serpentin abgeleiteten Schlüsse in der Constitution anderer wasser- und talkerdehaltiger Mineralien gefunden haben, dürfte wohl keinem vorurtheilsfrei und aufmerksam prüfenden Sachverständigen entgangen seyn. Ueber die Krystallform einiger dieser Mineralien fehlt es uns freilich, wie Haidinger (d. Ann., Bd. 71, S. 266) bemerkt, noch an zuverlässigen Angaben, so dafs es hier schwer wird, die *morphologischen* Verhältnisse gewisser ähnlich und gleich zusammengesetzten Mineralien mit Genauig-

Olivin, ganz *ähnliche*, ja zum Theil noch *gröfsere* derartige Differenzen zeigen. Um wie viel mehr sind dieselben nicht beim Serpentin zu erwarten?

1) Rammelsberg setzt hierbei aber nicht $2\dddot{Si} = 3\dddot{Al}$, sondern $\dddot{Si} = \dddot{Al}$.

keit zu bestimmen. Desto unzweideutiger sprechen aber die stöchiometrischen Verhältnisse für meine Theorie. Ich verweise in dieser Beziehung besonders auf die in diesen Annalen, Bd. 71, S. 445, gegebene Formelübersicht. Rammelsberg meint, dafs diese Formeln, so einfach sie zum Theil seyen, dennoch oft keine gröfsere Wahrscheinlichkeit in sich trügen als die älteren. In Bezug auf einige, namentlich weniger genau untersuchte Mineralien, gebe ich diefs zu; habe es auch bereits in meinem ersten Aufsatze über die polymere Isomorphie ausgesprochen, dafs ich keineswegs behaupten wolle, bei *allen* von mir in Betrachtung gezogenen Mineralien — etwa 130 an der Zahl — die richtige Formel getroffen zu haben. Dafs aber diese verhältnifsmäfsig geringe Anzahl ungünstiger Fälle durch die grofse Anzahl der günstigen bedeutend überwogen wird, davon kann sich ein Jeder, der meiner Arbeit einige Aufmerksamkeit schenken will, leicht überzeugen. Ich würde hierzu auf eine recht schlagende Weise haben beitragen können, wenn ich die älteren, zum Theil wahrhaft monströsen Formeln neben den meinigen angeführt hätte. Nur um Platz zu sparen und den Setzer zu schonen, habe ich diefs unterlassen. Ich habe voraussetzen müssen, dafs es Forscher gebe, welche Mühe und Zeit nicht scheuen, sich eine solche Zusammenstellung zu machen, die durch Rammelsberg's so überaus nützliches Handwörterbuch sehr erleichtert wird. In Bezug auf die Glimmer ist jedoch hierbei auch Berzelius Jahresbericht, XX, S. 234 bis 238, nachzusehen, wo sich eine Zusammenstellung der vortrefflichen Svanberg'schen Glimmeranalysen befindet, von denen einige nicht in jenes Handwörterbuch aufgenommen worden sind. Die wasser- und talkerdehaltigen Glimmer liefern einen der schlagendsten Beweise für meine Theorie. Zufolge der älteren Betrachtungsweise ihrer Zusammensetzung, bei welcher man die schwankenden Wassergehalte theils als Hydratwasser einzuführen suchte, theils auch wohl ganz unberücksichtigt liefs, ergaben sich für diese so ausgezeichneten Mineralspecies — man kann es wohl sagen — so

gut wie keine Formeln, und Rammelsberg hat daher auch keine in seinem Handwörterbuch angeführt. Der Grund hiervon lag darin, dafs man in der Regel so kleine Werthe von $\dot{R}$ im Verhältnifs zu $\dddot{R}$ erhielt, dafs sich erstere, zumal wenn auch noch das Hydratwasser berücksichtigt werden sollte, nicht ohne grofsen Zwang in die Formel bringen liefsen. Dadurch, dafs man das Wasser als basisches in Rechnung bringt, gestaltet sich diefs nun aber begreiflicherweise ganz anders; denn wenn die bisher analysirten Glimmerarten auch keinen gröfseren Wassergehalt als 1 bis 6 Proc. zeigen, so ist doch der Sauerstoff dieses als $(\dot{H})$ in Rechnung gebrachten Wassers ein relativ ganz bedeutender Zuwachs für das Glied $\dot{R}$. Letzteres wächst auch noch dadurch, wenn man annimmt, dafs die in einigen Glimmern vorhandenen kleinen Mengen von Fluorcalcium und Fluormagnesium (meist kaum über 1 Proc.) entsprechende Quantitäten von Kalkerde und Talkerde ersetzen. Rammelsberg scheint hierauf nicht eingehen zu wollen. Dafs diese Annahme aber eine nicht unmotivirte sey, ergiebt sich daraus, dafs Fluorcalcium tesseral krystallisirt, und dafs sehr wahrscheinlich auch die Kalkerde eine tesserale Krystallform besitzt.

Zur Thesis 4.

Haidinger ist in seinen Bemerkungen über den Aspasiolith (d. Ann., Bd. 71, S. 266) auf meine Theorie in soweit eingegangen, dafs er die Gründe anerkennt, welche für die polymer-isomorphe Erstattung der Talkerde durch Wasser sprechen. In einem Punkte differiren seine Ansichten jedoch von den meinigen. Haidinger hält es für wahrscheinlicher, dafs eine solche Erstattung nicht gleich bei der *ersten Bildung* dieser Mineralien stattfand, sondern, dafs dieselbe später, in dem bereits gebildeten Minerale, bewerkstelligt wurde. Aspasiolith, Serpentin, Fahlunit, Praseolith, und verwandte Species betrachtet Haidinger als Pseudomorphosen, dadurch hervorgebracht, dafs aus den

entsprechenden, ursprünglich nicht wasserhaltigen Mineralien Talkerde durch Wasser verdrängt und durch letzteres in dem Verhältnisse von $1\dot{M}g : 3\dot{H}$ ersetzt wurde. Daſs ich auf diese, anscheinend manches für sich habende Ansicht eines so scharfsinnigen und bewährten Forschers, wie Haidinger, nicht einzugehen vermag, dürfte besonders dadurch motivirt werden, daſs ich während meines zwölfjährigen Aufenthalts in dem an wasser- und talkerdehaltigen Mineralien so reichen Norwegen, bei der Untersuchung der Fundstätten dieser Mineralien auf Umstände stieſs, welche mir mit jener Annahme durchaus nicht zu harmoniren scheinen.

Daſs es Mineralien giebt, welche durch Infiltration von — insbesondere kohlensäurehaltigem — Wasser dergestalt chemisch verändert wurden, daſs sie einen Theil ihrer Bestandtheile einbüſsten, und dabei Wasser als Base in sich aufnahmen, ist auch meine Ueberzeugung; nur glaube ich, daſs dieſs keineswegs von sämmtlichen wasser- und talkerdehaltigen Mineralien angenommen werden darf, namentlich nicht beim Serpentin, Aspasiolith, Fahlunit, Praseolith und einigen verwandten Species, so wie ferner nicht bei den Glimmern, den Chloriten, dem krystallisirten Talke, den Augiten, Amphibolen, gewissen Phosphaten, Arseniaten und Boraten. Ich will mich hierüber näher aussprechen, und werde die betreffenden Species dabei in verschiedenen Abschnitten durchgehen.

Die Schwierigkeiten, welche sich der Haidinger'schen Ansicht beim *Serpentin* entgegenstellen, habe ich zum Theil bereits in diesen Annalen, Bd. 68, S. 330 bis 332 angedeutet; besonders hob ich diejenigen dieser Schwierigkeiten hervor, welche sich uns bei Betrachtung der Snarumer Fundstätte dieses Minerals aufdrängen. Daſs sich ringsum in Titaneisen eingewachsene Olivinkrystalle in Serpentin verwandeln könnten, bleibt jedenfalls ein unbegreiflicher Vorgang. Freilich sind wir mit der Erklärung der Entstehung mancher unzweifelhafter Pseudomorphosen auch noch nicht weit gediehen; warum sich aber dem Unbegreiflichen

in solchen Fällen zuwenden, wo es einen Weg zum Begreiflichen giebt? Wenn übrigens Haidinger pseudòmorphe Gebilde, wie Hornstein nach Kalkspath, Speckstein nach Quarz, Dolomit und Kalkspath, die Steinmarke u. s. w., als Analogien für den Serpentin aufstellt, so geht er hierin bestimmt zu weit. Alle jene Gebilde tragen die *unzweideutigsten* Kennzeichen von Pseudomorphosen an sich, ja sie sind fast alle ganz unzweifelhafte — vielleicht theilweise auf sehr mechanischem Wege entstandene — *Verdrängungs*-Pseudomorphosen, deren Vorkommen sich von Umständen begleitet zeigt, die *durchaus verschieden* von denen des Snarumer Serpentinvorkommens sind. Letztere Umstände sind der Art, dafs alle Mineralogen, welche bisher die Snarumer Fundstätte gesehen und näher untersucht haben, zur festen Ueberzeugung gelangten, dafs der Serpentin kein umgewandelter Olivin seyn könne.

Auch Blum (Nachtrag zu den Pseudomorphosen, S. 58) ist der Meinung geblieben, dafs der Serpentin eine Pseudomorphose nach Olivin sey. Er nimmt an, dafs kohlensäurehaltiges Wasser auf die Olivinkrystalle eingewirkt, Talkerde daraus extrahirt und durch Wasser ersetzt habe, während die extrahirte Talkerde aufserhalb der zu Serpentin umgewandelten Krystalle als Hydrotalkit (und wohl auch Magnesit) abgesetzt worden sey. Soll dieser Procefs fafslich werden, so mufs man vor Allem annehmen, dafs die grofsen Massen von Titaneisen [1]), in denen die Serpentinkrystalle so häufig eingewachsen vorkommen, entweder zu jener Zeit noch weich und dadurch leicht durchdringlich waren, oder dafs dieselben später, trotz ihres festen Aggregatzustandes, vom Wasser durchdrungen worden seyen. Die erste dieser Vorstellungsweisen zeigt sich schon deswegen unhaltbar, weil — wie diefs in so manchen analogen Fällen vorkommt — nicht allein Serpentin-

1) Diese Massen sind so bedeutend, dafs sie zu einem Grubenbetrieb auffordern würden, wenn der beträchtliche Titangehalt derselben bisher nicht ihrer Verschmelzung im Hohofen entgegengestanden hätte.

krystalle im Titaneisen, sondern auch Titaneisenkrystalle [1]) im Serpentin und Hydrotalkit eingewachsen gefunden werden, welches Verhältnifs stets auf eine sehr nahe *gleichzeitige* Ausbildung der betreffenden Mineralien deutet. Was aber die andere Vorstellungsweise anlangt, so setzt sie eine Durchdringlichkeit fester Gesteinsmassen voraus, welche, wenn sie stattfände, gewifs keine krystallinische Gebirgsart in ihrem originalen Zustande gelassen, und alle aus feldspathreichen Gesteinen bestehenden Gebirge in Kaolinhaufen umgewandelt haben würde?

Ich will den Anhängern der Olivinhypothese aufserdem noch folgende Punkte zu bedenken geben.

1) Wo hat man bisher Olivinmassen gefunden, welche, sowohl hinsichtlich der ganzen Art ihres Vorkommens, als auch in Bezug auf ihre Dimensionen, die geringste Analogie mit den Serpentinmassen der verschiedenen bekannten Fundstätten zeigten?

2) Warum ist denn wohl, wenn der Serpentin eine Pseudomorphose nach Olivin ist, von diesem letzteren kein noch so kleiner Theil der Umwandlung entgangen? In dieser Beziehung würde der Serpentin völlig isolirt dastehen; denn jedes andere im Urgebirge auftretende — wirklich oder annahmsweise — metamorphosirte Mineral findet sich *zugleich auch im unveränderten Zustande* darin.

3) Wenn aber die Bedingungen in der Urzeit wirklich so überaus günstig dafür gewesen sind, dafs der umwandelnden Kraft des Wassers auch kein Körnlein Olivin entgehen konnte, und dafs das Wasser in Titaneisen eingewachsene Olivinkrystalle von sehr beträchtlichen Dimensionen [bis zu mehreren Zollen Dicke und achtzehn Zoll Länge [2])], so wie sogar

1) Diese, sowohl durch ihre Gröfse als Scöhnheit ausgezeichneten Krystalle befinden sich gewifs in den Sammlungen vieler deutscher Mineralogen. Director Böbert in Kongsberg besitzt ausgezeichnete Exemplare derselben, wie überhaupt von fast allen zu Snarum vorkommenden Mineralien.

2) Einen Serpentinkrystall von der angegebenen Länge und — in der Rich-

ganze Olivinlager (!) *durch und durch* in Serpentin zu verwandeln vermochte: ist es da nicht wunderbar, dafs diese merkwürdige Eigenschaft des Wassers in den neueren geologischen Perioden so gänzlich ausgestorben zu seyn scheint, da man doch bekanntlich im Basalte noch niemals zu Serpentin metamorphosirten Olivin getroffen hat? — Allerdings kann es scheinen, als könnte hieraus auch ein Einwand gegen meine Theorie abgeleitet werden. Man kann nämlich, sich auf den Wassergehalt der im Basalt vorkommenden Zeolithe stützend, und daraus einen ursprünglichen Wassergehalt dieser Gebirgsart ableitend, fragen: warum in einem solchen wasserhaltigen Gesteine, auf gleiche Art wie im Urgebirge, nicht jede Olivinbildung verhindert und dafür Serpentinbildung eingetreten sey? Hierauf antworte ich Folgendes. Dafs das Wasser, wie jede andere Base, nur dann in gewisse Verbindungen eintreten konnte, wenn es nicht durch ein Uebermaafs an *stärkeren und mit ihm nicht isomorphen Basen* daran verhindert wurde, ist einleuchtend. Nun findet sich aber gerade in dem mehr oder weniger *quarzreichen* Urgebirge fast stets ein Mangel an festen Basen, während in den basaltischen Gesteinen eine solche Menge davon vorhanden ist, dafs sich daraus mehr oder weniger basische Silicate bilden konnten. Aufserdem unterscheiden sich die basaltischen Gesteine — und diefs ist von sehr wesentlicher Bedeutung — in chemischer Hinsicht von den Urgesteinen durch ihren beträchtlichen Kalk- und Alkaligehalt. Dieser Kalk-Alkali-Reichthum, in Verbindung mit der basischen Natur dieser Gebirgsarten, waren durchaus ungünstige Umstände in Bezug auf die Aufnahme des Wassers *als Base*, also in Be-

tung der Brachydiagonale — von 4 Zoll Dicke fand ich im vorigen Jahre zu Snarum, und brachte ihn zur Aufbewahrung in der Universitätssammlung nach Christiania. Er ist in einem etwa 3 Centner schweren Stück Titaneisen eingewachsen.

zug auf die Bildung aller wasserhaltigen Talksilicate; sehr günstige Umstände aber waren sie in Bezug auf die Bildung der Zeolithe. Meiner gegenwärtigen Ueberzeugung nach, ist das in den Basalten enthaltene Wasser eben so gut ursprüngliches, wie das in den Urgesteinen; beide Gebirgsarten befanden sich, *mit ihrem Wassergehalte*, früher unter hohem Drucke in einem *feurig-flüssigen oder doch derartig weichen Zustande;* die Menge jener stärkeren Basen im Basalte zwang jedoch das in diesem Gesteine — vielleicht auch nur in geringerer Menge — vorhandene Wasser in Verbindung mit Thon-, Kalk-, Alkali-Silicaten zu treten und Zeolithe zu bilden, während das nur sehr selten durch eine solche Zeolithbildung in Anspruch genommene Wasser der Urgesteine an allen dazu aufserdem günstigen Localitäten die Bildung wasserhaltiger Talksilicate veranlassen konnte.

4) Ist es nicht ein seltsames Bestreben, dem Feuer allein die Bildung des Urgebirges zuschreiben zu wollen, ohne dem Wasser, welches wir als einen wesentlichen Bestandtheil so vieler Mineralien in ihm finden, hierbei eine Mitwirkung zu gestatten? Wenn aber, wie es sich wohl nicht länger in Abrede stellen läfst, das Wasser von jeher einen Bestandtheil des Urgebirges ausgemacht hat [1]), warum will man es nicht sogleich zur Serpentinbildung verwenden, sondern es erst später auf einem so beschwerlichen Wege herbeiholen? Die einzige Thatsache: ursprüngliches Vorhandenseyn des Wassers im Urgebirge, erklärt mit einem Schlage eine Reihe von Phänomenen, welche zu den wunderlichsten Hypothesen Veranlassung gegeben haben.

Nicht blofs *Aspasiolith*, sondern auch *Pinit*, *Weifsit*, *Gigantolith*, *Fahlunit*, *Esmarkit*, *Praseolith*, *Chlorophyllit*,

1) In Bezug hierauf erlaube ich mir auf meine Abhandlung im *Bulletin de la soc. géol.*, *2ième série*, *T.* 3, *feuilles* 26 — 32, *sur la nature plutonique du granite etc.* zu verweisen.

Bonsdorffit und *Oosit* betrachtet Haidinger als Pseudomorphosen nach Cordierit. Er gründet diese Meinung auf die Uebereinstimmung der Krystallformen dieser Mineralien, auf gewisse Aehnlichkeiten in ihrem übrigen Habitus und auf die Beziehungen, welche zwischen ihren chemischen Constitutionen stattfinden. Versuchen wir es, uns die Entstehung dieser vermeintlichen Pseudomorphosen klar zu machen, so gerathen wir auf ganz ähnliche Schwierigkeiten wie bei der Olivinhypothese. Alle diese Mineralien, so weit ich dieselben an ihren Fundstätten zu beobachten Gelegenheit hatte, kommen als innig verwachsene accessorische Gemengtheile ganz unveränderter granitischer oder gneusartiger Gesteine vor, in die wir uns — wenigstens nach ihrer vollkommenen Erhärtung — wohl unmöglich die zu ihrer Umwandlung nöthigen Wassermengen eingedrungen denken können. Und nicht allein diefs, sondern die entführte Talkerde müfste auf eine eben so räthselhafte Weise verschwunden seyn, denn wenigstens in der Nähe des Aspasiolith, Fahlunit, Esmarkit und Praseolith findet sich durchaus kein Mineral, welches eine Rolle übernehmen könnte, ähnlich der, wie sie Blum dem Hydrotalkit beim Serpentin zuschreibt. Dafs übrigens eine Infiltration kohlensäurehaltigen Wassers — wenn wir einen solchen Procefs als möglich annehmen wollen — den *quarzharten und alkalifreien Cordierit* metamorphosirt habe, ohne den unmittelbar daneben vorkommenden Feldspath (Oligoklas, Orthoklas) chemisch zu verändern, streitet gegen alle chemische Erfahrung.

Von Seiten der Entstehung, wie sich solche aus den Verhältnissen des Vorkommens beurtheilen läfst, geben sich also die Mineralien dieser Gruppe keineswegs als Pseudomorphosen zu erkennen. Wenden wir uns daher zur Betrachtung derjenigen Argumente, auf welche sich Haidinger's Ansicht hauptsächlich stützt, nämlich: gewisse Beziehungen zwischen ihren chemischen Constitutionen und gleiche Krystallform.

Was zuerst jene chemischen Verhältnisse betrifft, so er-

sieht man dieselben aus der folgenden Zusammenstellung. Das Zeichen *C* bedeutet: Cordierit. In der ersten Rubrik sind die nach meiner Theorie sich für diese Mineralien ergebenden Formeln aufgezeichnet [1]).

		Läſst sich betrachten als [2]):
Aspasiolith	$(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 3\dddot{R}\ \dddot{Si}$	$C + \frac{5}{2}\dot{H} \div \frac{1}{2}\dot{R}$
Pinit [3])	$(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 2\dddot{Al}\dddot{Si}$	$C + 2\dot{H}$
Weiſsit	$(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 2\dddot{Al}\dddot{Si}^2$	$C + \frac{7}{4}\dot{H} \div 1\dddot{Al} + 1\dddot{Si}$
Gigantolith	$(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 4\dddot{Al}\dddot{Si}$	$C + 2\dot{H} + \dddot{Si}$
Fahlunit	$(\dot{R})^3 \dddot{Si}\ + 2\dddot{R}\ \dddot{Si}$	$C + 3\dot{H}$
Esmarkit	$(\dot{R})^3 \dddot{Si}\ + 2\dddot{Al}\dddot{Si}$	$C + 2\dot{H}$
Praseolith	$2(\dot{R})^3 \dddot{Si}\ + 3\dddot{Al}\dddot{Si}$	$C + 3\dot{H} + 1\dot{R}$
Chlorophyllit	$(\dot{R})^2 \dddot{Si}\ + \dddot{Al}\dddot{Si}$	$C + \frac{4}{3}\dot{H} + \frac{2}{3}\dot{R}$

Wir erfahren aus dieser Uebersicht, daſs diese Mineralien, wenn wir sie als Pseudomorphosen nach Cordierit betrachten wollen, dadurch aus demselben entstanden sind, daſs sie 1) sämmtlich Wasser in sich aufnahmen; daſs 2) Aspasiolith einen Theil seines Talkerdegehaltes *einbüſste;* daſs aber 3) Chlorophyllit und Praseolith einen *Zuwachs* an Talkerde oder damit isomorphen Basen erhielt; daſs 4) Weiſsit und Gigantolith sogar einen *Zuwachs an Kieselerde* erhielten, und daſs sich 5) beim Weiſsit die *Thonerde* um ein Entsprechendes *verminderte.* Alle diese Verhältnisse sehen nun wohl keineswegs so aus, als ob sie durch Infiltration von kohlensäurehaltigem Wasser hervorgebracht seyen. Die chemischen Veränderungen, welche Mineralien auf solchem Wege erleiden, sind uns — wir

1) Bonsdorffit und Oosit befinden sich nicht in dieser Zusammenstellung; vom ersteren ist keine zuverlässige Analyse bekannt, und letzterer ist, so viel ich weiſs, noch gar nicht analysirt.

2) Mit Ausnahme von Pinit, Weiſsit und Gigantolith, nach Naumann's Berechnung. S. Erdmann und Marchand's Journal, Bd. 40, S. 6.

3) Nach den neuesten Analysen der Pinite von Penig und Aue, von Rammelsberg.

brauchen nur an Kaolin zu denken — durchaus nicht unbekannt: sie sind nicht allein mit Aufnahme von Wasser und Verlust an 1- und 1 atomigen Basen, sondern stets auch mit einem *Verlust an Kieselerde* verbunden. Einen solchen Verlust hat aber nicht ein einziges der hier in Betrachtung stehenden Mineralien erlitten.

Wenden wir uns jetzt zur gleichen Krystallform der Cordieritgruppe. Diese macht wohl das Hauptargument für ihre pseudomorphe Natur aus. In der That scheint es ein gewagtes Postulat, dafs Mineralien von so verschiedener Zusammensetzung gleiche oder doch wenigstens einander sehr nahe stehende Krystallformen besitzen sollen; und von dieser Seite her kann es daher den Anschein haben, als ob Haidinger's Ansicht vor der meinigen den Vorzug verdiene. Wenn ich aber zeige, dafs gewisse andere Mineralien, von denen bestimmt Niemand eine pseudomorphe Bildung annimmt, *eben so verschiedene Formeln besitzen, und dennoch eine gleiche Krystallform haben*, so dürfte wohl hierdurch der letzte Anstofs beseitigt seyn, welchen man bei der Anwendung meiner Theorie auf die Cordieritgruppe finden könnte. Jene Mineralien, welche in der gedachten Beziehung eine in der That merkwürdige Analogie mit denen der Cordieritgruppe zeigen, sind die *Skapolithe* — Silicate von Thonerde und Kalkerde (zuweilen auch Natron) — welche bekanntlich sämmtlich in quadratischen Säulen krystallisiren. Die genaue Kenntnifs der Zusammensetzung der Skapolithe verdanken wir den Analysen von Nordenskjöld, Hartwall, L. Gmelin, Stromeyer, Arfvedson, Walmstedt, Ekeberg, Thomson, Berg und Wolff. Aus allen diesen Analysen ergiebt sich nun das höchst interessante, aber bisher noch wenig benutzte Resultat, dafs die Skapolithe, trotz ihrer gleichen Krystallform, eine sehr verschiedene Zusammensetzung haben, wie sich aus den in der folgenden Uebersicht angeführten Formeln entnehmen läfst. Zur bequemeren Vergleichung dieser Formeln mit denen der Cordieritgruppe, habe ich letztere daneben gesetzt.

Cor-

	Cordieritgruppe.	Skapolithgruppe [1]).
Cordierit	$\dot{R}^3 \dddot{Si}^2 + 3\dddot{R}\,\dddot{Si}$	
Aspasiolith	$(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 3\dddot{R}\,\dddot{Si}$	
Pinit	$(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}$	$\left.\begin{matrix}\dot{Ca}^3\\ \dot{Na}^3\end{matrix}\right\}\dddot{Si}^2 + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}$ . . (1)
Weifsit	$(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}^2$	
Gigantolith	$(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 4\dddot{Al}\,\dddot{Si}$	$\left.\begin{matrix}\dot{Ca}^3\\ \dot{Na}^3\end{matrix}\right\}\dddot{Si}^2 + 4\dddot{Al}\,\dddot{Si}$ . . (2)
Fahlunit	$(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2\dddot{R}\,\dddot{Si}$	$\dot{Ca}^3 \dddot{Si} + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}$ . . . . (3)
Esmarkit	$(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}$	
Praseolith	$2(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 3\dddot{Al}\,\dddot{Si}$	$\dot{Ca}^3 \dddot{Si} + 3\dddot{Al}\,\dddot{Si}$ . . . . (4)
Chlorophyllit	$(\dot{R})^2 \dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si}$	$\left.\begin{matrix}\dot{Ca}^2\\ \dot{Na}^2\end{matrix}\right\}\dddot{Si} + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}$ . . . (5)

Sowohl die Formeln der Species aus der Cordierit- als die aus der Skapolithgruppe lassen sich allgemein ausdrücken durch:

$$\dot{R}^m \dddot{Si}^n + p\,.\,\dddot{R}\,\dddot{Si},$$

wobei m, n und p folgende Werthe besitzen:

Cordieritgruppe.	Skapolithgruppe.
$m = 2$ oder 3	$m = 2$ oder 3
$n = 1$ oder 2	$n = 1$ oder 2
$p = 1$, 2, 3 oder 4	$p = 2$, 3 oder 4.

Nur beim Weifsit ist die $\dddot{Si}$ des zweiten Gliedes, und beim Praseolith das ganze erste Glied aufserdem noch mit dem Coëfficienten 2 versehen.

Um die gleiche Krystallform der Mineralien aus der Cordieritgruppe zu motiviren, bedarf es also keineswegs der Zuflucht zur Pseudomorphose, *sondern dasselbe Gesetz,*

1) Die Formel (1) gilt besonders für die Skapolithe von Malsjö, Hirvesalo, Hessekulla, Arendal und Bolton, die Formel (2) für den Skap. von Petteby, (3) für den Skap. vom Vesuv und Bocksäter (Ost-Gothland), (4) für den Skap. vom Tunaberg, Pargas und Ersby, (5) für einen anderen Skap. von Ersby.

welches die verschieden zusammengesetzten Skapolithe in gleichen Formen krystallisiren liefs, rechtfertigt auch die gleichen Krystallformen der ganz analog zusammengesetzten Species der Cordieritgruppe. Es gehört dieses Gesetz einer Art der Isomorphie an, auf welche zuerst Wallmark (*Förhandlingar vid de Skandinaviske Naturforskarnes tredje Möte i Stockholm, p.* 519—529) aufmerksam gemacht hat, und zu deren weiterer Kenntnifs ich in d. Ann., Bd. 71, S. 449 bis 451, einige Andeutungen geliefert habe. Nicht blofs der nach einer *speciellen Formel* zusammengesetzten *Species*, sondern auch der nach einer *allgemeineren Formel* zusammengesetzten *Speciesgruppe* kommt eine bestimmte Krystallgestalt zu. Diefs Gesetz läfst sich mit zahlreichen Beispielen belegen, deren Anführung ich jedoch, um hier nicht zu weit zu gehen, bis zu einer späteren Gelegenheit verschiebe.

Blum (*l. c.*) findet meine Erklärung von dem Nebeneinander-Vorkommen des Cordierit und Aspasiolith in einem und demselben Krystallindivid sehr unnatürlich. Er meint, dafs das Wasser nicht hätte darauf warten können, bis sich zu den betreffenden Krystallen ein Kern von Cordierit gebildet hatte, worauf es dann erst Theil an der Bildung der äufseren Krystallschichten nahm, sondern es hätte sich unter solchen Umständen gleichmäfsig vertheilen und die Entstehung eines nur aus wasserhaltiger Cordierit- (Aspasiolith-) Masse bestehenden Krystalls veranlassen müssen; denn ein Analogon zu einem Krystalle, der inwendig anders zusammengesetzt sey, als in der Nähe seiner Oberfläche würde durch kein anderes Beispiel in der Mineralogie geliefert. Hierzu bemerke ich zuvörderst, dafs die *festen Basen* sich in dieser Hinsicht gewifs nicht eben so zu verhalten brauchen wie das *Wasser*, welches, allem Anschein nach, nicht mit derselben Leichtigkeit wie jene als elektro-positiver Bestandtheil in eine Verbindung einzutreten vermochte, sondern durch gewisse Umstände erst dazu *genöthigt* werden mufste, seine Atome zu dreien und dreien zu gruppiren, um in solcher Form die Talkerde zu vertreten. Uebrigens

aber: ist es denn vollkommen ausgemacht, dafs die mit einander isomorphen festen Basen im Innern eines Krystalls stets genau in demselben Verhältnisse vorhanden sind, wie in den seiner Oberfläche näher und zunächst gelegenen Theilen? Meines Wissens nach hat hierüber noch Niemand einen Versuch angestellt. Dafs eine solche ungleiche Vertheilung, wenn sie keinen sehr hohen Grad erreicht, dem *Auge* auffällig seyn sollte, läfst sich nicht erwarten; denn ein etwas gröfserer Gehalt an Eisenoxydul oder Manganoxydul oder Talkerde in verschiedenen Theilen eines Krystalls läfst sich zuverlässig nicht durch das Gesicht erkennen. Dafs sich jedoch in dieser Weise ein ungleich vertheilter Wassergehalt sehr auffällig bemerkbar macht, sieht man an den Cordierit-Aspasiolith-Stücken, in denen diese beiden Mineralien Uebergänge in einander bilden. Trotz dem der — nach meinen bisherigen Untersuchungen — wasserreichste Aspasiolith nur etwa 6 Procent Wasser enthält, während ein entsprechender Theil der Talkerde fehlt, übrigens aber ganz wie Cordierit zusammengesetzt ist, so sind gleichwohl beide Mineralien in ihrem Aeufsern auf die auffallendste Weise von einander verschieden. Der Cordierit sieht aus wie Quarz, und der Aspasiolith wie Serpentin. Unter solchen Umständen mufs sich natürlich ein ungleich vertheilter Wassergehalt weit leichter verrathen, als ein ungleich vertheilter Gehalt an festen Basen. Warum kommen aber nicht andere Krystalle als gerade Cordieritkrystalle mit einem solchen ungleich vertheilten Wassergehalt vor? kann man fragen. Ohne Zweifel giebt es manche andere Beispiele dieser Art, welche aber bisher alle als *Pseudomorphosen* in Anspruch genommen wurden. Ich glaube es mit Grund behaupten zu können, dafs durch das geringe Bedenken, welches man mitunter getragen hat, gewisse räthselhaft erscheinende morphologische Verhältnisse in das Gebiet der Pseudomorphosen zu verweisen, der Wissenschaft die Auffindung mehr als eines wichtigen Gesetzes bisher entzogen worden ist. In gar manchen Fällen, wo man eine pseudomorphe Bildung in Anspruch nahm,

wurde der Knoten dadurch nicht gelöst, sondern nur zerhauen.

Ob die Verfechter der Olivinhypothese und der Cordieritpseudomorphosen der Meinung seyen, dafs auch das in den *Chloriten*, *Glimmern* und ähnlichen ausgezeichnet *krystallinischen Mineralien* enthaltene Wasser ein durch Infiltration später eingeführtes sey, darüber haben sich dieselben, so viel ich weifs, nicht näher ausgesprochen; ich glaube jedoch annehmen zu dürfen, dafs für diese Species wohl schwerlich Jemand einen metamorphosirenden Procefs in Antrag bringen werde. Wenn es nun aber sowohl durch die Anwesenheit dieser und anderer wasserhaltiger Mineralien im Urgebirge, als durch mancherlei andere Umstände als erwiesen betrachtet werden kann, dafs aufser dem Feuer auch das Wasser seinen Antheil an der Bildung der Urgesteine hatte, warum sollte man dessen ursprüngliche Wirkung in Bezug auf Serpentin, Aspasiolith, Fahlunit u. s. w. nicht anerkennen?

Zur Thesis 5.

Aehnliche Bildungen wie der Neolith (s. diese Annalen, Bd. 71, S. 285) giebt es wahrscheinlich sehr viele. Die Steinmarke, Specksteine, Cimolite, Halloysite, Bole, Seifensteine und viele verwandte Species, deren Zahl sich durch spätere Untersuchungen gewifs noch sehr vermehren wird, können vielleicht sämmtlich als neuere Gebilde in Anspruch genommen werden, als Gebilde, welche vorzugsweise einer Infiltration von kohlensäurehaltigem Wasser ihre Entstehung verdanken. Auch serpentinähnliche Mineralien scheinen auf diese Weise gebildet zu werden. Daraus läfst sich aber kein Beleg für die ähnliche Entstehung des im Urgebirge vorkommenden Serpentin entnehmen. Die neuere Chemie hat es vielfach erwiesen, dafs ein und dieselbe Verbindung auf ganz verschiedenem Wege gebildet werden kann; und es ist daher, wenn wir die gleiche Entstehungsart zweier Mineralien beweisen wollen, weit weniger auf ihre Zusammensetzung, als vielmehr auf *die Verhältnisse ihres Vor-*

kommens Rücksicht zu nehmen. Dafs diese aber bei Neolith und verwandten Mineralien *vollkommen andere* seyen [1]) als bei Serpentin, Aspasiolith u. s. w., brauche ich wohl hier nicht mehr näher auseinanderzusetzen.

Zur Thesis 6.

Ich habe gezeigt (s. diese Annalen, Bd. 70, S. 545), dafs wir durch die Zusammensetzung der thonerdehaltigen Amphibole und Augite, so wie durch die des Neolith und mehrerer anderer Mineralien darauf hingeführt werden, die v. Bonsdorff'sche Ansicht über die Isomorphie der $\dddot{\mathrm{Si}}$ mit $\dddot{\mathrm{Al}}$ für eine wohl begründete zu halten. Auch noch durch einige später von mir anzuführende Belege wird diese Ansicht in hohem Grade unterstützt. Dafs es für einen der *polymeren* Isomorphie angehörigen Fall gelten mufs, wenn $2\dddot{\mathrm{Si}}$ durch $3\dddot{\mathrm{Al}}$ ersetzt wird, ist von selbst klar. Inzwischen liefse sich dieser Fall, wie mir angedeutet worden ist, anscheinend dadurch unter das Gebiet der *monomeren* Isomorphie bringen, dafs man die Kieselerde, wie L. Gmelin thut, als aus 1 At. Silicium und 2 At. Sauerstoff zusammengesetzt betrachtet. Solchenfalls wird nämlich $1\dddot{\mathrm{Si}} = 1\frac{1}{2}\ddot{\mathrm{Si}}$, und $2\dddot{\mathrm{Si}}$, daher $=3\ddot{\mathrm{Si}}$. Folglich würde $3\ddot{\mathrm{Si}}$ durch $3\dddot{\mathrm{Al}}$, also $\ddot{\mathrm{Si}}$ durch $\dddot{\mathrm{Al}}$ ersetzt werden, und allerdings würde dann *ein* Atom durch *ein* Atom vertreten. Diese Atome haben aber ganz verschiedene Zusammensetzung, so dafs $1\mathrm{Si}+2\mathrm{O}$ durch $2\mathrm{Al}+3\mathrm{O}$ ersetzt werden würde, was immer wieder auf polymere Isomorphie hinausliefe.

---

1) So z. B. ist die durch Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser auf talkerdehaltige Gebirgsarten hervorgerufene Bildung des Neolith (s. die citirte Abhandl.) mit völliger chemischer Veränderung und daraus folgender mechanischer Auflockerung der betreffenden Gesteine, unter anderem auch mit gänzlicher *Zersetzung des Feldspaths* verbunden. In der Nähe von Serpentin, Aspasiolith, Praseolith, Esmarkit u. s. w. ist keine Spur solcher Zerstörungen vorhanden, und der mit einigen dieser Mineralien in unmittelbarer inniger Verwachsung vorkommende Feldspath hat nicht die geringste Veränderung erlitten.

Am Schlusse dieses Aufsatzes will ich mir noch erlauben eines Umstandes zu gedenken, der mir ebenfalls — obgleich von weit wenigeren Seiten her als ich zuvor vermuthete — als ein Beweis für die pseudomorphe Natur des Serpentin, Aspasiolith u. s. w. angeführt worden ist. Man scheint es nämlich als etwas Ausgemachtes zu betrachten, dafs diese Mineralien *amorph* seyen. In Bezug hierauf kann ich erklären, dafs diefs, so weit meine mit Prof. Boeck in Christiania hierüber angestellten Untersuchungen reichen, durchaus *nicht* der Fall ist. Freilich hat es mit der Krystallinität dieser Mineralien eine eigene Bewandtnifs, die aber meinen hier ausgesprochenen Ansichten in keiner Weise im Wege steht. Ueber die Art dieser Krystallinität, welche sich auch bei mehreren *wasserfreien* Mineralspecies geltend macht, und welche wir an gewissen Körpern selbst in unseren Laboratorien hervorbringen können, behalte ich mir spätere, ausführlichere Mittheilungen vor.

XVI. *Ueber den Bagrationit, ein neues uralisches Mineral; von N. v. Kokscharow.*

Der Fürst P. Bagration besuchte, im Jahre 1845, am Ural unter anderem auch die Achmatowsche Grube [1]), und sammelte mehrere dort vorkommende Mineralien; bei Durchsicht derselben bemerkte ich ein Stück weifsen Diopsid, in welchem sich einige Chloritblättchen und drei schöne schwarze Krystalle befanden. Diese Krystalle erschienen in paralleler Lage zusammengewachsen, wodurch sie wie ein einziger ganzer Krystall aussahen. Der gröfste derselben mafs 1,3 Centim., und das Ganze ungefähr 2,5 Centim. Das obere und untere Ende der vorderen Seite war vollkom-

1) Die Achmatowsche Grube befindet sich in der Umgegend der Kussinskischen Eisenhütte, im Slatouster Bergrevier.

men ausgebildet, die Rückseite hingegen zeigte blofs einen Theil der Flächen *M*, *P* und 2*O*, weil sie sich in's Muttergestein versenkte; in der Folge wurden die Krystalle, um sie besser untersuchen zu können, von der Masse getrennt. Wenn ich zu meiner Disposition blofs die erwähnten Krystalle [1]) dieses seltenen Minerals [2]) gehabt hätte, so würde es mir unmöglich gewesen seyn, wegen der Unvollkommenheit einiger Flächen und überhaupt wegen der bedeutenden Gröfse der Krystalle selbst, die vollständige Messung zu bewerkstelligen; zum Glücke waren aber an die Seite dieser Krystalle drei kleinere (von 2 Millim.) angewachsen, welche abzulösen mir vollkommen gelang und die sich auch sowohl zur Messung, als zur Bestimmung des Systems ziemlich gut eigneten. Indem ich die zu beschreibenden Krystalle als zu einem neuen Minerale gehörig betrachte, schlage ich hiemit vor, dasselbe zur Ehre des Entdeckers, Fürsten Bagration, der ein Freund der Mineralogie ist: *Bagrationit* zu nennen; ich wage es zu hoffen, dafs diese Benennung von den Mineralogen angenommen werden wird.

Der Bagrationit gehört zum monoklinoëdrischen Systeme (zwei- und eingliedrigen, Weifs; hemiorthotypen, Mohs). Der grofse Krystall (Taf. I, Fig. 1, 2 und 3) [3]) besteht aus folgenden Formen: Dem verticalen rhombischen Prisma *M*, der Querfläche *b*, den schiefen Endflächen *d'*, *P*, $\frac{2}{3}d$, *d*, 2*d* und 4*d*, und der monoklinoëdrischen Hemipyramide *o'*, 2*o* und *z*. Die kleinen Krystalle bestehen aus denselben Formen, mit dem Unterschiede, dafs bei denselben die Fläche *P* bedeutend mehr entwickelt und die Flächen *o'* sehr verengert sind. An dem grofsen Krystalle waren die Flächen folgendermafsen beschaffen: *b*, 2*d* und 4*d* wa-

1) Die drei zusammengewachsenen Krystalle werde ich, der Kürze wegen, blofs als den grofsen Krystall bezeichnen.

2) Ich war unlängst im Ural, und habe nirgend das beschriebene Mineral angetroffen; auch in keiner öffentlichen oder Privatsammlung von St. Petersburg habe ich dasselbe gesehen.

3) Fig. 1 und 2, Taf. I zeigen den Krystall von vorne und von der Seite, Fig. 3 in der horizontalen Projection.

ren spiegelglatt, *M* etwas netzig, *o'* nicht glänzend genug, *d'* und 2*o* zwar glänzend, aber mit schwachen Unebenheiten, *P*, $\frac{2}{3}d$ und *d* schwach glänzend, und die Flächen *z* ganz matt. Dagegen waren an den kleinen Krystallen die Flächen, mit Ausnahme von *z*, welche matt, und *M*, die ein wenig uneben war, alle sehr glänzend. Um das Verhältnifs der Axen der Hauptform zu bestimmen, nahm ich die Winkel der kleineren Krystalle, namentlich folgende:

P : *M* = 104° 8',0 (Mittel aus sechs Messungen [1]) des Krystalls No. 1, deren gröfste Differenz 3',0 betrug. Die Flächen *M* und *P* waren spiegelglatt, und der reflectirte Gegenstand klar und nicht doppelt.)

M : *b* = 125° 25',0 (Mitel aus vier Messungen des Krystalls No. 2, deren gröfste Differenz 1',5 betrug. Die Fläche *b* war spiegelglatt, hingegen zeigte die Fläche *M* einige schwache Unebenheiten; dessenungeachtet zeigte sich der reflectirte Gegenstand klar und nicht doppelt.)

2*o* : *M* = 150° 41'5 (Mittel aus fünf Messungen des Krystalls No. 1, deren gröfste Differenz 2',5 betrug. Die Fläche 2*o* war sehr klein, aber spiegelglatt, ebenso *M*; der reflectirte Gegenstand klar und nicht doppelt.)

Wenn man die Form *o'* als negative Hemipyramide einer monoklinoëdrischen Hauptpyramide betrachtet, *P* als Basis der letzteren, und *M* als Abstumpfungsflächen ihrer Basenkanten; und wenn man ferner auch durch *a* die Haupt- oder Verticalaxe, durch *b* die Klinodiagonalaxe, durch *c*

1) Ich verstehe hier unter *einer Messung* eine Reihe von Messungen, die ich ausführte, wenn ich den Krystall *ein Mal* aufgestellt hatte; wenn hier von sechs Messungen die Rede ist, so heifst das, dafs der Krystall sechs Mal vom Goniometer abgenommen und wieder befestigt wurde.

die Orthodiagonalaxe, und endlich durch γ den Neigungswinkel der Axe b zur Axe a bezeichnet, so wird als *Hauptform* des Minerals (Fig. 4, Taf. I) erhalten:

$$a : b : c = 1 : 1{,}75040 : 1{,}12882$$
$$\gamma = 65^\circ\ 4',8.$$

Dagegen erhalten die in Betracht kommenden Flächen folgende Zeichen:

Nach Weifs.	Nach Naumann.
$o' = (a : -b : c)$	$-P$
$2o = (2a : b : c)$	$+2P$
$z = (a : -\frac{1}{4}b : \frac{1}{2}c)$	$-4P2$
$M = (\infty a : b : c)$	∞P
$b = (\infty a : b : \infty c)$	$\infty P \infty$
$d' = (a : -b : \infty c)$	$-P\infty$
$P = (a : \infty b : \infty c)$	$0P$
$\frac{2}{3}d = (\frac{2}{3}a : b : \infty c)$	$+\frac{2}{3}P\infty$
$d = (a : b : \infty c)$	$+P\infty$
$2d = (2a : b : \infty c)$	$+2P\infty$
$4d = (4a : b : \infty c)$	$+4P\infty$.

Ferner wurden berechnet:

1) Die Kantenwinkel.

$M : M$	= 109° 10',0	$2o : M$	= 150° 41',5
	und 70 50',0	$2o : P$	= 105 10,5
$M : b$	= 125 25',0	$z : z$	= 121 14,8
$o' : o'$	= 118 16,9	$z : b$	= 145 43,0
$o' : d'$	= 149 8,4	$z : d'$	= 142 49,3
$o' : b$	= 129 19,6	$z : o'$	= 159 19,2
$o' : M$	= 141 44,8	$z : M$	= 151 28,6
$o' : P$	= 142 23,1	$P : M$	= 104 8,0
$o' : 2o$	= 116 46,0	$P : d'$	= 157 20,1
$2o : 2o$	= 71 35,6	$P : b$	= 114 55,2
$2o : 2d$	= 125 47,8	$P : \frac{2}{3}d$	= 157 38,2
$2o : d$	= 120 44,1	$d' : b$	= 137 35,1
$2o : \frac{2}{3}d$	= 116 10,5	$d' : M$	= 115 19,8
$2o : b$	= 111 21,0	$\frac{2}{3}d : d$	= 168 3,3

$\frac{2}{3}d : b = 87\ 26,6$	$2d : 4d = 154^\circ\ 26',5$
$\frac{2}{3}d : M = 88\ 31,1$	$2d : b = 128\ 29,7$
$d : 2d = 150\ 53,6$	$2d : M = 111\ 8,6$
$d : b = 99\ 23,3$	$4d : b = 154\ 3,2$
$d : M = 95\ 25,5$	$4d : M = 121\ 24,4.$

2) Die Ebenenwinkel.

$\frac{o'}{P} : \frac{o'}{P} = 65^\circ\ 38',1$	$\frac{z}{b} : \frac{z}{b} = 58^\circ\ 52',9$
$\frac{o'}{P} : \frac{d'}{P} = 122\ 49,1$	$\frac{z}{b} : \frac{M}{b} = 150\ 33,6$
$\frac{o'}{M} : \frac{M}{M} = 69\ 15,7$	$\frac{z}{d'} : \frac{z}{d'} = 71\ 28,0$
$\frac{z}{M} : \frac{b}{M} = 144\ 33,9$	$\frac{o'}{d'} : \frac{z}{d'} = 144\ 16,0$
$\frac{z}{M} : \frac{o'}{M} = 146\ 10,4$	$\frac{o'}{z} : \frac{z}{z} = 79\ 53,7$
$\frac{2d}{M} : \frac{2o}{M} = 126\ 18,8$	$\frac{M}{z} : \frac{z}{z} = 22\ 40,7$
$\frac{2d}{M} : \frac{b}{M} = 122\ 56,9$	$\frac{d'}{z} : \frac{z}{z} = 137\ 55,1$
$\frac{4d}{M} : \frac{b}{M} = 149\ 9,6$	$\frac{b}{z} : \frac{z}{z} = 145\ 39,8$
$\frac{d'}{o'} : \frac{2o}{o'} = 40\ 48,7$	$\frac{M}{z} : \frac{b}{z} = 57\ 0,9$
$\frac{d'}{o'} : \frac{z}{o'} = 87\ 59,0$	$\frac{o'}{z} : \frac{M}{z} = 77\ 25,5$
$\frac{2d}{2o} : \frac{o'}{2o} = 73\ 34,7$	$\frac{o'}{z} : \frac{d'}{z} = 121\ 58,6$

Der beigelegte graphische Rifs (Fig. 5, Taf. I), nach der Methode des Hrn. Quenstedt, in welcher als Sectionsfläche die Ebene genommen ist, welche die Axe *b* und *c* enthält, giebt einen Begriff von den Zonen der Krystalle

dieses Minerals und von den übrigen krystallographischen Verhältnissen.

Das Mineral ist undurchsichtig, seine Farbe schwarz und im Pulver dunkelbraun. Die Seitenflächen haben starken Glasglanz, welcher auf den Endflächen in einen unvollkommenen Metallglanz übergeht. Der Bruch ist im Allgemeinen uneben, in den kleinen Stücken aber muschelig. Den Blätterdurchgang konnte ich nicht beobachten. Seine Härte =6,5. Zur Bestimmung des specifischen Gewichts wurde ein ziemlich reines Stück genommen, von 0,223 Grm. Gewicht. Der Erfolg dreier Versuche war =4,115.

Das ungeschlämmte Pulver des Minerals wird beim Kochen in Chlorwasserstoffsäure und Salpetersäure nicht aufgelöst, giebt, im Kolben erwärmt, weder Wasser noch Geruch. Ein Stück desselben, in der Löthrohrflamme stark geglüht, bläht sich zuerst blumkohlartig auf, kocht und schmilzt dann zu einer schwarzen glänzenden Kugel, die auf die Magnetnadel wirkt. Mit Borax in der Oxydationsflamme behandelt, löst es sich leicht auf und bildet eine durchsichtige Perle, welche vor dem Erkalten dunkel orangefarbig und nach dem Erkalten bouteillengrün wird. Im Phosphorsalz schmilzt es schwerer als im Borax und läfst Kieselerde zurück. Die durchsichtige Kugel, die dadurch erhalten wird, ist im heifsen Zustande orangefarbig, während des Erkaltens bouteillengrün, und zuletzt im völlig kalten Zustande farblos.

Nachtrag. Es scheint mir, dafs Bagrationit in dem Mineralsystem neben den Gadolinit gestellt werden könne, weil die Härte und das spec. Gewicht beider gleich sind; eben so bemerkt man unter diesen Mineralien etwas Aehnliches in Betreff einiger anderen Kennzeichen. Was aber die Krystallform anbelangt, so sehen wir, dafs die Winkel des Bagrationits und überhaupt das äufsere Ansehen seiner Krystalle nicht mit dem übereinstimmen, was Hr. Phillips von diesem seltenen Mineral gesagt hat; wenn wir aber

die frühere Beschreibung von Haüy in Rücksickt nehmen wollen, so finden wir, dafs in dem von ihm untersuchten Gadolinitkrystall (*Traité de Mineralogie*, 1823, *Tab.* 69, *Fig.* 123) zwei Winkel den Winkeln des Bagrationits ziemlich gleich sind, namentlich:

1) $u : u = 70^{\circ}\ 32'$ (Winkel, der sehr nahe ist dem von $M : M = 70^{\circ}\ 50'$ im Bagrationit).

2) s zu der Kante $z = 136^{\circ}\ 41'$ (Winkel, der sich annähert dem von $d' : b = 137^{\circ}\ 35',1$ im Bagrationit).

XVII. *Krystallographische Notiz über einen neuen Sechsmalachtflächner; von N. v. Kokscharow.*

Die Achmatowsche Mineralgrube ist durch viele schöne Mineralien bekannt, unter welchen der Magneteisenstein sehr verschiedene Abänderungen in seiner Krystallform darstellt. Er findet sich hier namentlich in der Form des regulären Octaëders, Granatoëders (bisweilen von bedeutender Gröfse), Granatoëders in Combination mit den Flächen des Octaëders, Würfels, oder Leucitoïdes ($a : a : \frac{1}{3}a$), oder mit allen diesen letzteren zusammen. Vor Kurzem hatte ich die Gelegenheit, eine Gruppe von Krystallen des Magneteisensteins aus demselben Fundorte zu untersuchen, in welchen sich auch Flächen zweier Sechsmalachtflächner bemerken liefsen. Diese Gruppe war von kleinen (bis 7 Millimeter Gröfse), sehr glänzenden, auf einer Masse dichten Chloritschiefers aufgewachsenen Krystallen gebildet. Die Krystalle stellten eine Combination (Fig. 6, Taf. I) des Granatoëders d, Würfels c, des Octaëders o, des Leucitoïdes $t = (a : a : \frac{1}{3}a)$, Sechsmalachtflächners $z = (a : \frac{1}{3}a : \frac{1}{5}a)$ [1]), und des Sechsmalachtflächners

1) Dieser Sechsmalachtflächner ist schon bei dem Magneteisenstein von Mohs, und dem Boracit (in hemiëdrischer Erscheinung) von Haidin-

$$x = (a : \tfrac{5}{7} a : \tfrac{5}{21} a) = (\tfrac{1}{5} a : \tfrac{1}{7} a : \tfrac{1}{21} a)$$

dar; dieser letztere, wie mir bekannt, ist noch in keinem Minerale des regulären Krystallsystems beobachtet worden. Die Flächen dieses neuen Sechsmalachtflächners x waren so glänzend, und seine Winkel, die ich bei der Messung erhielt, kamen den berechneten so nahe, dafs man fast gar nicht zweifeln konnte, dafs er in der That der oben angegebene seyn mufs [1]). Fig. 6, Taf. I stellt den Krystall in horizontaler Projection dar, und Fig. 7, Taf. I den Sechsmalachtflächner einzeln aufgebaut.

Nimmt man also an, dafs der Sechsmalachtflächner $x = (\frac{1}{5} a : \frac{1}{7} a : \frac{1}{21} a)$ ist, und mit A seine längste, mit B seine mittlere und mit C seine kürzeste Kante, so wie mit a, b, c die den Kanten A, B, C gegenüberliegende Flächenwinkel bezeichnet seyen, so berechnet man für ihn:

1) Kantenwinkel.	2) Flächenwinkel.
$A = 172^\circ\ 51'\ 15''$	$a = 83^\circ\ 42'\ 48''$
$B = 154\ \ 32\ \ 37$	$b = 54\ \ 3\ \ 18$
$C = 128\ \ 16\ \ 25$	$c = 42\ \ 13\ \ 53.$

Der Sechsmalachtflächner x gehört zu keiner von den drei Abtheilungen der Diagonalzone des regulären Octaë-

ger beobachtet worden. (Der von Mohs beim Magneteisenstein angegebene Sechsmalachtflächner ist T, also $(a : \frac{1}{2}a : \frac{1}{3}a)$ und nicht $(a : \frac{1}{3}a : \frac{1}{5}a)$. Letzterer wird zwar von Mohs unter den vorkommenden Sechsmalachtflächnern aufgeführt, doch ist mir nicht bekannt, dafs er bisher bei einem Minerale beobachtet wäre, denn beim Eisenkies findet sich wie beim Boracit nur sein Hälftflächner. Diefs macht aber die Beobachtung des Verfassers nur um so interessanter. *P.*)

1) So ist zum Beispiel für die Neigungen:

	gemessen.	berechnet.
$x : c =$	$157^\circ\ 43',0$	$157^\circ\ 43',4$
$x : x =$	154 33,0	154 32,6
$x : d =$	150 50,0	150 44,6
$x : t =$	175 10,0	175 10,8.

Hier mufs noch bemerkt werden, dafs die Messungen mit dem gewöhnlichen Wollaston'schen Goniometer, nicht aber mit einem mehr vervollkommneten Instrumente ausgeführt worden sind.

ders, gleichfalls auch nicht zu der Kantenzone des Granatoëders, denn seine Fläche entspricht nicht den Gleichungen, die für diese Fälle von Hrn. Prof. Weiſs berechnet worden sind. Unser Sechsmalachtflächner x fällt aber in die Diagonalzone des Pyramidenwürfels $(\frac{1}{3}a : a : \infty a)$. Wenn man jetzt als Normalneigung zu dem Zonenaufriſs die Neigung der Fläche des Leucitoïdes $(a : a : \frac{1}{3}a)$ annimmt, so wird die Fläche des Sechsmalachtflächtners x, bei einem und demselben Sinus, in dieser Zone den Cosinus $= \frac{5}{7}$ haben.

Die Flächen dieses beschriebenen Krystalls des Magneteisensteins erhalten folgende Zeichen;

Nach Weiſs.	Nach Naumann.
$d = (a : a : \infty a)$	∞O
$c = (a : \infty a : \infty a)$	$\infty O \infty$
$o = (a : a : a)$	O
$t = (a : a : \frac{1}{3}a)$	$3O3$
$z = (a : \frac{1}{3}a : \frac{1}{5}a)$	$5O\frac{5}{3}$
$x = (\frac{5}{7}a : \frac{5}{21}a : a) = (\frac{1}{5}a : \frac{1}{7}a : \frac{1}{21}a)$	$\frac{21}{5}O3$

Was die Natur der Flächen anbelangt, so kann man nur das sagen, daſs sie fast alle Spiegelflächen sind, bis auf die Flächen d, die sich in dieser Hinsicht wenig von den übrigen unterscheiden. Die gewöhnlich auf den Granatoëdern des Magneteisensteins beobachteten Streifen, welche parallel den langen Diagonalen der Flächen laufen, fehlten hier gänzlich.

Die für den beschriebenen Krystall (Fig. 6, Taf. I) berechneten wichtigsten Kantenwinkel sind folgende:

$x : x = 154° 32',6$	$x : d = 150° 44',6$
$x : t = 175\ \ 10,8$	$z : t = 165\ \ 32,5$
$x : c = 157\ \ 43,4$	$z : d = 162\ \ 58,6$
$x : z = 167\ \ 21,2$	$z : o = 151\ \ 26,3.$

XVIII. *Ueber die Wärmeleitung in krystallisirten Substanzen; von Hrn. H. de Sénarmont.*

(Aus den *Compt. rend., T. XXV, p.* 459.)

Um die Wärmeleitung in krystallisirten Substanzen zu studiren, wurde folgendermaſsen verfahren. Jeder Krystall war zu dünnen Platten geschnitten, gewöhnlich von kreisrunder Form, und versehen in der Mitte mit einem Loch, in welches ein auſsen schwach konisches Silberrohr eingerieben wurde. Die untere oder obere Seite der Platte wurde mit einem dünnen und gleichmäſsigen Ueberzug von weiſsem Wachs bekleidet, und darauf durch das Rohr ein Strom heiſser Luft geleitet, der demnach die Platte von ihrer Mitte aus erhitzte. Das Schmelzen des Wachses gab graphisch den Gang der Wärme an, und zeichnete in jedem Augenblick eine isotherme Curve auf die Platte.

Zuvörderst überzeugte man sich, daſs diese Curven auf homogenen Platten von Glas oder Metall kreisrund sind. Sie sind es auch noch auf senkrecht gegen die Axe geschnittenen Platten von Quarz oder Kalkspath. Allein auf parallel zu dieser Axe geschnittenen Platten beider Krystalle zeigen diese Curven immer eine deutliche Ellipticität, und zwar liegt der gröſste Durchmesser der Curve längs der krystallographischen Axe, obwohl der eine Krystall attractiv und der andere repulsiv ist. Das Längenverhältniſs zwischen dem gröſsten und kleinsten Radius ist beim Quarz 1,31 beim Kalkspath nur 1,12.

Auf Gypsplatten zeigen die Curven eine noch hervortretendere Ellipticität, und ihre Axen liegen gegen die parallelogrammatischen Spaltflächen stets in gleicher Weise. Das Verhältniſs der Radien scheint ungefähr 1,23 zu seyn, und der gröſste von ihnen neigt etwa 50° gegen die Richtung der faserigen Spaltbarkeit oder 34° gegen die optische Elasticitätsaxe, welche den spitzen Winkel der beiden optischen Axen halbirt.

Wenn man, statt den Gyps mit Wachs zu überziehen, die Erhitzung bis zu seiner Entwässerung treibt, so zeigt der kleine Cylinder von gebranntem Gyps, welcher das Loch umgiebt, ebenfalls eine elliptische Grundfläche von immer derselben Lage.

Diese Versuche erlauben übrigens nicht, die Feststellung eines einfachen Lagen-Verhältnisses zwischen den in der Ebene der Platten liegenden Axen der Leitungsfähigkeit und den Axen der Krystallisation oder optischen Elasticität. Die Normale der Ebene leichter Spaltbarkeit ist eine symmetrisch liegende Linie, und scheint zusammenzufallen mit der Hauptaxe der Leitungsfähigkeit, weil die isothermen Curven an den beiden Seiten zusammenfliefsen.

Andere Substanzen sollen denselben Versuchen unterworfen werden, sobald man sich hinreichend grofse Krystalle verschafft haben wird; indefs lassen die vorstehenden Resultate schon als sehr wahrscheinlich voraussetzen:

1) Dafs in allen wie die Krystalle des rhomboëdrischen Systems constituirten Mitteln die Leitungsfähigkeiten dergestalt ringsum einen Punkt vertheilt sind, dafs, falls die Erwärmung von einem Centrum ausgeht und das Mittel allseitig unbegränzt ist, die isothermen Flächen, in Bezug auf die Axe der Symmetrie, concentrische Umdrehungsellipsoïde oder von diesen Ellipsoïden wenig abweichende Flächen seyn werden.

2) Dafs in allen wie die Krystalle mit zwei optischen Axen constituirten Mitteln die Leitungsfähigkeiten dergestalt um einen Punkt vertheilt sind, dafs, falls die Erwärmung von einem Centrum ausgeht und das Mittel allseitig unbegränzt ist, die isothermen Flächen concentrische Ellipsoïden mit drei ungleichen Axen, oder von diesen Ellipsoïden sehr wenig abweichende Flächen seyn werden.

3) Dafs auch wahrscheinlich die Hauptdurchmesser dieser isothermen Flächen zusammenfallen mit den Krystallisationsaxen, wenn diese zugleich Axen der Symmetrie sind, dafs aber bis jetzt in allen übrigen Fällen keine einfache Relation, in Lage und Gröfse, zwischen diesen Durchmessern und den Krystallisationsaxen oder auch den Axen der optischen Elasticität ersichtlich ist.

1848. ANNALEN №. 2.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXIII.

I. *Elektrodynamische Maafsbestimmungen;*
von Wilhelm Weber.

(Auszug aus der bei Begründung der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften von der Jablonowski'schen Gesellschaft zu Leipzig herausgegebenen Abhandlungen.)

Es ist ein Vierteljahrhundert verstrichen, seitdem Ampère die Fundamente zur Elektrodynamik legte, einer Wissenschaft, welche die Gesetze des Magnetismus und Elektromagnetismus in ihren wahren Zusammenhang bringen und auf ein Grundprincip zurückführen sollte, gleichwie diefs mit den Keppler'schen Gesetzen durch Newton's Gravitationslehre geschehen ist. Vergleicht man nun aber die weitere Entwicklung, welche die Elektrodynamik gefunden, mit derjenigen der Newton'schen Gravitationslehre, so findet man einen grofsen Unterschied in der bisherigen Fruchtbarkeit dieser beiden Grundprincipe. Die Newton'sche Gravitationslehre ist die Quelle geworden für unzählige neue Forschungen in der Astronomie, durch deren glänzende Resultate alle Zweifel und Bedenken am höchsten Principe dieser Wissenschaft entfernt worden sind. Die Ampère'sche Elektrodynamik hat keine solche Resultate aufzuweisen; es läfst sich vielmehr behaupten, dafs alle Fortschritte, welche seitdem wirklich gemacht worden sind, fast ganz unabhängig von Ampère's Theorie gewonnen worden sind, z. B. die Entdeckung der Induction und ihrer Gesetze von Faraday. Ist das Grundprincip der Elektrodynamik ein wahres Naturgesetz, wie das Gravitationsgesetz, so sollte man meinen, dafs sich dasselbe hätte fruchtbarer beweisen müssen als Wegweiser zur Entdeckung und Erforschung der verschiedenen Klassen von Naturerscheinungen, welche davon abhängen oder damit zusammen-

hängen; ist aber jenes Grundprincip kein wahres Naturgesetz, so sollte man glauben, dafs es bei dem Interesse und der vielseitigen Thätigkeit, welche in dem verflossenen 25jährigen Zeitraum gerade derjenige Theil der Physik gefunden hat, auf den es sich bezieht, längst schon hätte seine vollständige Widerlegung finden müssen. Der Grund, warum weder das eine noch das andere geschehen ist, liegt darin, dafs zur Entwicklung der Dynamik kein solches Zusammenwirken der Erfahrung mit der Theorie stattfand, wie bei der weiteren Entwicklung der allgemeinen Gravitationslehre. Ampère, mehr Theoretiker als Experimentator, hatte die geringfügigsten Anzeigen der Erfahrung auf das scharfsinnigste für sein System benutzt und demselben eine so feine Ausbildung gegeben, dafs der rohe Zustand der Beobachtungen, auf die es sich zunächst bezog, zu jener ausgebildeten Theorie nicht mehr im rechten Verhältnisse stand. Die Elektrodynamik fordert, sey es zu ihrer festeren Begründung und Befruchtung, oder sey es zu ihrer Widerlegung, eine vollkommnere Technik der Beobachtungen, um in der Vergleichung von Theorie und Erfahrung auf speciellere Erörterungen genau eingehen zu können, und dadurch gleichsam der Seele der Theorie in den Beobachtungen ein angemessenes Organ zu schaffen, ohne dessen Entwicklung keine Entfaltung ihrer Kräfte möglich ist.

Die folgenden Versuche sollen beweisen, wie eine feinere Technik der elektrodynamischen Beobachtungen nicht blofs zum Beweise des Grundprincips der Elektrodynamik selbst von Wichtigkeit und Bedeutung ist, sondern auch darum, weil sie die Quelle neuer Untersuchungen wird, die ohnedem gar nicht gemacht werden könnten.

Beschreibung des Instruments.

Das hier zu beschreibende Instrument eignet sich zu feinen Beobachtungen und Maafsbestimmungen der elektrodynamischen Kräfte, und dieser Vorzug vor den älteren

von Ampère angegebenen beruht wesentlich auf folgender Einrichtung.

Die beiden galvanischen Leiter, deren Wechselwirkung beobachtet werden soll, bestehen in zwei dünnen mit Seide übersponnenen Kupferdrähten, welche, wie Multiplicatoren, ringförmig in den äufseren Höhlungen zweier cylindrisch geformter Rahmen aufgewunden sind. Der eine dieser beiden Ringe umschliefst einen freien Raum, welcher grofs genug ist, damit der andere Ring darin Platz finden und frei sich bewegen könne.

Geht nun durch die Drähte beider Ringe ein galvanischer Strom, so übt der eine auf den andern ein Drehungsmoment aus, welches am gröfsten ist, wenn die Mittelpunkte beider Ringe zusammenfallen, und wenn die beiden Ebenen, denen die Windungen beider Ringe parallel sind, einen rechten Winkel mit einander bilden. Der gemeinschaftliche Durchmesser beider Ringe ist die Drehungsaxe. Diese gegenseitige Stellung beider Ringe ist ihre normale Stellung, welche sie in dem Instrumente erhalten. Dazu kommt noch, dafs der gemeinschaftliche Durchmesser beider Ringe, oder ihre Drehungsaxe, eine verticale Lage erhält, damit die Drehung in horizontaler Ebene erfolge.

Derjenige von diesen beiden Ringen, welcher gedreht werden soll, mufs nun aber zum Zweck der Zuleitung und Ableitung des Stroms in leitende Verbindung mit zwei unbeweglichen Leitern gebracht werden, und es besteht die Hauptaufgabe des Instruments darin, diese Verbindungen auf solche Weise zu bewirken, dafs die Drehung des Ringes auch beim geringsten Anstofse in keiner Weise beeinträchtigt werde, wie diefs der Fall ist, wenn diese Verbindungen durch zwei Spitzen hergestellt werden, die in zwei mit Quecksilber gefüllte Metallschälchen eintauchen, in welchen die beiden unbeweglichen Leiter endigen, wie es von Ampère geschah. Statt dieser Verbindungen, welche wegen der unvermeidlichen Reibungen durchaus keine freie Drehung des Ringes gestatten, werden nun hier zwei lange dünne Verbindungsdrähte gebraucht, welche mit ihren obe-

ren Enden an zwei festen Metallhaken, in welchen die beiden unbeweglichen Leiter endigen, mit ihren unteren Enden am Rahmen des Rings befestigt sind, und daselbst mit den Drahtenden des Rings fest verbunden werden. An diesen beiden Verbindungsdrähten hängt der Ring frei herab, und jeder Draht trägt das halbe Gewicht des Rings, wodurch beide Drähte gleichmäfsig gespannt werden.

Diese beiden Verbindungsdrähte vermitteln also den Uebergang des galvanischen Stroms von dem einen der beiden unbeweglichen Leiter zu dem Ringe, und zurück zu dem andern unbeweglichen Leiter, und sie leisten diesen Dienst, ohne dafs dabei die geringste Reibung die Drehung des Rings beeinträchtigte.

Diese Verbindungsdrähte leisten aber noch mehr, indem sie bewirken, dafs jeder Drehung des Rings um einen bestimmten Winkel ein bestimmtes Drehungsmoment entspricht, welches diesen Winkel zu verkleinern sucht, und dem Sinus des Drehungswinkels proportional ist, wodurch ein Maafsstab für alle Drehungsmomente gebildet wird, mit dessen Hülfe jedes andere auf den Ring wirkende Drehungsmoment gemessen werden kann. Es geschieht diefs nach den nämlichen einfachen Gesetzen, welche Gaufs für das Bifilar-Magnetometer zuerst entwickelt hat. Dieser Maafsstab läfst sich endlich nach Belieben und Bedürfnifs feiner oder gröber machen, je nachdem die beiden Verbindungsdrähte einander genähert oder von einander entfernt werden.

Diese Art der Aufhängung, weil sie mit gar keiner Reibung verbunden ist, hindert nun auch nicht, das Gewicht des aufgehangenen Rings zu vergröfsern, was nur nicht gröfser seyn darf, als das, was die beiden Verbindungsdrähte zu tragen vermögen. Es kann daher ein sehr langer Draht in sehr vielen Windungen auf dem Ringe aufgewunden, und dadurch eine sehr starke Multiplication der galvanischen Kraft gewonnen werden. Aufserdem kann dieser drehbare Ring ohne Nachtheil auch mit einem Spiegel belastet werden, welcher an der Drehung Theil nimmt, und hier ebenso

wie beim Gaufs'schen Magnetometer zu feinen Winkelmessungen benutzt werden kann; denn nach Ausschlufs der Reibung steht auch hier der Anwendung feiner optischer Beobachtungsmittel kein Hindernifs entgegen.

Was die Construction des Instruments im Einzelnen betrifft, wie dasselbe jetzt von Hrn. Mechanikus Leyser in Leipzig in grofser Vollkommenheit ausgeführt wird, möge hier die Erklärung eingeschaltet werden, die Hr. Leyser selbst davon gegeben hat, und die sich auf die ebenfalls von ihm gezeichneten Abbildungen Taf. II., Fig. 1 — 10 bezieht. Das Instrument ist *Elektrodynamometer* genannt worden.

Erklärung des Elektrodynamometers.
(Taf. II. Fig. 1—10.)

Fig. 1 stellt das Rähmchen dar, bestimmt, die im Multiplicator schwebende Rolle zu tragen, in diagonaler Richtung gesehn. Dieses Rähmchen besteht aus 2 runden elfenbeinernen Scheiben *aa* und *aa*, die auf 2 elfenbeinerne Schienen *bb'* und *bb'* genietet sind; ihre Entfernung wird durch eine kleine elfenb. Walze *c* bestimmt. Diese Walze ist hohl, so dafs ein metallener Bolzen hindurch gebracht und mit einer Schraube jene Scheiben mit ihren Schienen an den Enden der Walze festgezogen werden können, wodurch eine Rolle gebildet wird, bereit zur Aufnahme des Drahtes. Der Anfang des aufzuwindenden Drahtes geht durch das Löchelchen *d* zur Weiterführung ins Freie. Ist der Draht auf diese Rolle gebracht und das Ende mit Seide fest verbunden, so werden die metallenen Träger *eee* und *eee'* der Rolle an den Enden der erwähnten Schienen befestigt und zwar: der eine Träger *eee'*, an welchen der Spiegel *ff* in *g* anzuschrauben ist, wird in *b'b'* angenietet; der andere Träger *eee* aber, an welchen das Gegengewicht *hh* auf die Schraube *i* zu schrauben ist, wird in *bb* angeschraubt, so dafs dieser Träger sich um diese Schrauben *bb* zurück in die Richtung von *bb'* schlagen läfst, auf dafs die ganze Rolle bequem in den Multiplicator gebracht wer-

den kann. — Der Anfang der Rolle, welcher vorhin durch die Oeffnung *d* ins Freie geführt war, wird nun ein Stückchen längst der Schiene *bb'* nach *b'* zu geleitet bis ihm der Umfang der Rolle gestattet bei *k* wieder ins Innere des Rähmchens zu gelangen, und dann hinauf an den Träger des Spiegels zu gehen, wo er durch ein Schräubchen *m'* oberhalb des Befestigungspuncts des Spiegels mit dem Träger in metallene Berührung kommt. Ebenso wird das Ende der Rolle mit dem andern Träger durch das Schräubchen *m* in metallene Berührung gebracht; jedoch mufs dieses Ende reichlich seyn, damit der Träger beim Zurückschlagen nicht gehindert werde. Schraubt man nun noch den Spiegel *ff* in *g* und sein Gegengewicht *hh* in *i* an, so ist die Rolle zum Einhängen in den Multiplicator an den bifilaren Metallfäden geschickt. Zu diesem Zwecke endigen beide Träger der Rolle bei *e* und *e'* in Haken oder Ypsilon, und die bifilaren Metallfäden sind nach unten in Verbindung mit einem kleinen elfenbein. Querbalken *ll* versehn, welcher nach jedem Ende zu in ein Metallblättchen und dieses wieder in ein metallenes Cylinderchen ausläuft, welche letzteren in genannte Haken oder Ypsilon der Träger einpassen und somit die Rolle aufnehmen. Die bifilaren Metallfäden *no* und *n'o'* sind mit dem Querbalken *ll* auf folgende Weise verbunden. Der Anfang *n* des Fadens *no* ist mit einem Schräubchen auf das metallene Blättchen *r* befestigt, geht dann ein Stückchen nach *l* hin, und durch ein Löchelchen am Ende des Blättchens unterhalb des Querbalkens *ll* nach dessen Mitte *p* zurück, wo er durch eine kleine Oeffnung wieder oberhalb des Querbalkens tritt und weiter noch als nach *o* geführt werden kann. Ebenso, nur entgegengesetzt, ist der Faden *n'o'* geführt, doch hat jeder in der Mitte *p* des Querbalkens *ll* seine eigne Oeffnung, durch die er tritt, die zwar einander sehr nahe liegen, durch das Elfenbein aber dennoch getrennt und isolirt sind. Auf die Mitte dieses Querbalkens kann, bevor noch die Metallfäden *no* und *n'o'* eingezogen worden, der Zeiger oder Index *qq* gesetzt werden.

Fig. 2 zeigt in geometrischer Seitenansicht die schwebende Rolle aufgewunden an den Querbalken gebracht, mit Spiegel und Gegengewicht versehen, an den bifilaren Metallfäden schwebend. Der Zeiger ist nur in seiner sehr schmalen Vornansicht zu bemerken.

Fig. 3 stellt die Rolle dar, senkrecht auf die Spiegelfläche gesehen, die Haken oder Ypsilon, so wie der Zeiger, schwebend über den Scalenblättchen *cc*, am deutlichsten hervortritt.

Fig. 4 bietet die Ansicht von oben herab, wo Querbalken und Zeiger ein rechtwinkliches Kreuz bilden.

Um den weiteren Weg der bifilaren Metallfäden bis zu ihrer Befestigung zu verfolgen, dient Fig. 5, der Deutlichkeit wegen im doppelten Maafsstabe der übrigen Figuren und im verticalen Durchschnitt dargestellt. Die bifilaren Metallfäden gehen hier von *o* und *o'* weiter hinauf, in einem messingenen Rohre eingeschlossen, sind um die metallenen beweglichen Röllchen *a* und *a'* geschlungen und endlich an der elfenbein. Rolle *B* in *b* und *b'* um drehbare Stiftchen befestigt. An diesen Stiftchen oder kleinen Walzen, können die Fäden vermittelst eines Schlüsselchens auf- oder abgewunden werden, je nachdem das Auf- oder Abwinden von der Last der schwebenden Rolle erfordert wird; die Röllchen *a* und *a'* werden sich bei jeder dieser Operationen drehen müssen. Die elfenbein. Rolle *B* selbst aber kann mit der Gabel und Schraube *ee* vermittelst der Kopfmutter *ff* hinauf- oder hinabgeschraubt werden, und sonach die schwebende Rolle in die für den Multiplicator, in dessen Mitte sie schweben soll, passende Stellung gebracht werden. Zugleich stellt sich die Rolle *B*, welche in der Gabel *ee* um den Zapfen *m* drehbar ist, ins Gleichgewicht, sobald nämlich die schwebende Rolle frei an den bifilaren Metalldrähten herabhängt, da diese Drähte eben in *b* und *b'* wie an den Enden eines Hebels wirken, der in *m* seinen Drehpunkt hat. Sonach vertheilt sich die Last der schwebenden Rolle auf beide Fäden gleichmäfsig. — Um auch die bifilaren Drähte einander nähern oder von

einander entfernen zu können, sind die Röllchen *a* und *a'* in breiten Gabeln gefafst, welche, wie Figur zeigt, in Schrauben enden, mittelst deren sie zwischen 2 durch verticale Schraffirung angedeutete metallene Blättchen mit den Müttern *cc* und *c'c'* einander genähert oder von einander entfernt werden können. Die Mütter *cc* und *c'c'* sind in eine Art Büchsen eingepafst, auf der Zeichnung durch schräge Schraffirung angedeutet, in denen sie durch einen Stift befestigt, in ihrer Drehung jedoch ungehindert sind. — Das Röllchen *a* sammt seiner Gabel und Schraube, Blättchen und Mutter *cc* ist von dem Röllchen *a'* sammt seiner Gabel und Schraube, Blättchen und Mutter *c'c'* dennoch isolirt, indem die sie ober- und unterhalb verbindenden, in der Mitte durchbohrten Kreisscheiben *dd* und *d'd'* von Elfenbein sind. Um die Weiterleitung der bifilaren Metalldrähte nach aufsen bequem anzubringen, endigen die Mütter *cc* und *c'c'* in trompetenförmigen Ausläufern, wie Figur zeigt, um welche ein dreifachgewundener Draht *gg* und *g'g'* herabhängt. Ein galvanischer Strom wird darnach folgenden Weg nehmen: Tritt derselbe bei *g* ein, so geht er nach *g* hinauf, theilt sich der Schraubenmutter *cc* und dem Röllchen *a* mit (geht zwar nach *b* hinauf, da aber *b* isolirt ist, so kehrt er zurück), geht den Faden hinab nach *o*; von *o* geht er (Fig. 2) weiter hinab durch die Mitte *p* des Querbalkens, dann nach dessen Ende *r*, wo er durch die metallene Berührung mit dem Träger, denselben hinabgeht und bei *m* in das Ende der Rolle selbst tritt, durch deren Windungen er läuft, bei *d* wieder herauskommt, durch *k* aber bei *m'* in den andern Träger übergeht, von *r'* längs des Querbalkens nach dessen Mitte *p* geführt wird, und durch diese nach *o'* hinauf; von *o'* geht der Strom (Fig. 5) wieder über das andere Röllchen *a'* in die Mutter *c'c'* und gelangt endlich in den andern Ableitungsdraht *g'g'*. Es mufs also der Strom, um aus dem einen Ableitungsdraht *gg* in den andern *g'g'* zu gelangen, die schwebende Rolle nothwendig durchlaufen, da der Draht von *g* bis *g'* überall isolirt ist. — Um die Torsion der bifilaren Metalldrähte auf-

zuheben, ist dieser ganze obere Theil des Instruments bis *hh* und *h'h'* horizontal drehbar und mit einem Torsionskreise nebst Index versehen, wie dieses in den Fig. 6 u. 7 deutlicher bei *hh'* zu sehen ist.

Fig. 6 u. 7 sind ohne Durchschnitt, und pafst Fig. 6 zu Fig. 2. — Fig. 7 zeigt die Rolle *B* nebst der Gabel und Schraube *ee'* von Fig. 5 deutlicher; *ii* sind hier zwei Schrauben, um die Rolle *B* beim Transporte des Instruments zu arretiren, da sonst die bifilaren Fäden leicht Schaden nehmen könnten.

Wir gehen nun zu Fig. 8 über, welche den unteren Theil des Instruments sammt dem Multiplicator und dem Fufsgestelle von Serpentinstein im verticalen Durchschnitte zeigt. Man erkennt hier zunächst Fig. 2, an den bifilaren Metalldrähten *o* und *o'* aufgehängt, aber ebenfalls im verticalen Durchschnitte. Die Buchstaben *mm* zeigen den Durchschnitt des Multiplicators, gewunden auf eine messingene mit hölzernen Seitenwänden versehene Trommel, in deren Höhlung die schwebende Rolle *R* sich befindet. Diese hölzernen Seitenwände tragen die Röhre, in der die bifilaren Fäden herabkommen, so wie auch an ihnen die beiden Scalen für den Zeiger befestigt sind.

Fig. 10, eine Ansicht von oben herab auf das Instrument, zeigt die Scale und die metallene Platte, an der die Röhre befestigt ist, genauer. Die Seitenwände dieses Multiplicators sind in Verbindung mit einem kupfernen Streifen, der vermittelst zweier Kopfmütter an zwei entsprechenden Schrauben mit dem obern Theile *nn* des Serpentinfufses vereinigt werden kann. Dieser Theil *nn* ist mit seinem Zapfen *ii* drehbar in dem unteren Theile des Serpentinfufses und wird durch den Metallbolzen *r* mit demselben durch die Schraube *x* zusammengehalten. — Da, wie Fig. 8 zeigt, sowohl Spiegel als Gegengewicht zu den hölzernen Seitenwänden des Multiplicators hervorragen, so ist das Ganze gegen die störende Einwirkung von Luftzug durch einen cylindrischen Holzmantel geschützt, und derselbe auf den hohen Kanten der hölzernen Seitenwände des Multi-

plicators befestigt. In der Richtung des Spiegels zum Gegengewichte jedoch ist dieser cylindrische Mantel abgeplattet, so dafs eine freie Durchsicht durch die Höhlung des Multiplicators gestattet ist. Beliebig zu schliefsen oder zu öffnen ist die dem Spiegel zugekehrte platte Seite dieses Mantels durch eine hölzerne Platte, die aber, um den Spiegel benutzen zu können, mit einem planparallelen Glase *s* versehn ist. Die andere dem Gegengewichte zugekehrte platte Seite des Mantels ist ganz mit einer Glasplatte beliebig zu verschliefsen oder zu öffnen. Sonach kann man also die schwebende Rolle bei geschlossenen Seitenwänden des Mantels dennoch sehen, ihr freies Schweben in der Höhlung des Multiplicators beobachten und mit den 3 Stellschrauben des Serpentinfufses reguliren. Auch von oben herab, über der Theilung, ist der Mantel durch zwei in metallenen Nuthen gegen einander schiebbare Glasplatten geschlossen, welche halbkreisförmig in der Mitte ausgeschnitten sind, um das Rohr, in denen die bifilaren Drähte herabhängen, zwischen sich durchzulassen. In Figur 8 zeigt *vv* die Glasplatte zur Seite; *v'w* die Holzplatte mit dem planparallelen Glase *s* zur andern Seite; *vv'* ist eine der oberen Glasplatten. Die Buchstaben *k* und *k* sind Oehsen, durch die die Leitungsdrähte *gg* und *g'g'* aus Fig. 5 oder Fig. 6 herabkommen, diese Drähte sind in diesen Oehsen befestigt, damit sie nicht ihrer ganzen Länge nach lafs umherhängen; sie endigen in Siften oder kleinen Cylindern.

Fig. 9 zeigt ebenfalls einen verticalen Durchschnitt, aber unter rechtem Winkel von Fig. 8; *m* ist der Multiplicator, *R* die in demselben schwebende Rolle im Durchschnitte gesehen. An den Seiten des Mantels erblickt man 4 metallene Knöpfchen mit *uu'zz'* bezeichnet. Diese Knöpfchen sind kreuzweise durchbohrt, und das vom Mantel entferntere Loch mit einer Schraube versehn, von der inneren Seite des Mantels aus mit einer andern Schraube an demselben befestigt. Zwei dieser Knöpfchen *u* und *u'* sind mit dem Ende und Anfang des Multiplicators in metallener Berührung, so dafs ein Strom aus dem Knopf *u* durch den Multiplicator hindurch in den

Knopf *u'* und umgekehrt gelangen kann. Die beiden andern Knöpfchen *z* und *z'* sind ganz isolirt, alle vier Knöpfchen aber für den Wechsel der Ströme und sonstigen Combinationen höchst zwecklich. In dieser Figur sieht man auch den Zeiger über den Scalenblättchen schweben, so wie in Fig. 3, wo der Mantel weggenommen gedacht ist.

Verfolgen wir nun einmal den Gang eines galvanischen Stroms, welcher am Knöpfchen *u* in das Instrument eingebracht wird, so geht derselbe von *u* durch den Multiplicator *m* und nach *u'*; steckt man jetzt den Leitungsdraht *g'g'* mit seinem metallenen cylindrischen Ende in dieses Knöpfchen, so geht der Strom in *g'g'* hinauf und Fig. 5 nach der Mutter *c'c'* über das Röllchen *a'*, dann hinab in das Innere der Röhre nach *o'*, von da, Fig. 2, von *o'* durch die Mitte *p* des Querbalkens nach *r' m' k d* durch die schwebende Rolle nach *m r p o* und Fig. 5 nach *o* hinauf über das Röllchen *a* in die Mutter *cc*, nach dem zweiten Leitungsdraht *gg* und, Fig. 9, durch *gg* herab in das Knöpfchen *z*, wo dann die Leitung in die andere der beiden erregenden Oberflächen übergeht.

Das Instrument läfst sich, vermittelst des oberen drehbaren Theiles vom Serpentinfufse, nach jeder beliebigen Seite eines Saales oder Zimmers richten.

Alle Figuren sind ein Viertel der Lineargröfse des Elektrodynamometers, mit Ausnahme von Fig. 5, welche Figur die Hälfte beträgt.

Der Draht auf der schwebenden Rolle besitzt 200 Meter, der des Multiplicators 300 Meter Länge; ersterer bildet ungefähr 1200 Umwindungen, letzterer nur 900. Die Länge der bifilaren Drähte, welche sehr fein von Silber und ausgeglüht sind, beträgt vom Querbalken bis zu den Röllchen *a a'* ein halbes Meter.

Der Preis des Instruments stellt sich auf 70 Thaler Preufs. Courant.

Beobachtungen zum Beweise des Grundprincips der Elektrodynamik.

Die folgenden Beobachtungen sind nicht mit demjenigen Instrumente gemacht worden, was eben beschrieben worden ist. Jedoch ist es nicht nöthig, die hierzu gebrauchten Instrumente besonders zu beschreiben, da sie blofs in Nebendingen, welche weniger bequem geordnet waren, abweichen. Nur eine wesentliche Modification an dem einen Instrumente ist hervorzuheben, nämlich die, dafs der Multiplicator, welcher nach obiger Beschreibung eine unveränderliche Stellung einnimmt, bei welcher sein Mittelpunkt mit dem Mittelpunkte der bifilar aufgehängten Rolle zusammenfällt, so beweglich eingerichtet worden war, dafs er in jede beliebige Lage zu der schwebenden Rolle gebracht werden konnte, um die Beobachtungen auf alle Lagenverhältnisse der beiden galvanischen Leiter, welche auf einander wirken, zu erstrecken. Wenn nun diese beiden Leiter zwei Ringe bilden, von denen der eine den andern umschliefsen kann und bei dem eben beschriebenen Instrumente der innere kleinere Ring bifilar aufgehangen wurde, um gleichsam statt Galvanometernadel zu dienen, während der äufsere gröfsere Ring fest stand und den Multiplicator bildete, so war es dagegen zu dem angeführten Zwecke nothwendig, die umgekehrte Einrichtung zu treffen und den äufseren gröfseren Ring bifilar aufzuhängen um den inneren kleineren Ring als Multiplicator zu gebrauchen, weil nur dann die Stellung des Multiplicators beliebig verändert werden konnte, ohne mit der bifilaren Aufhängung in Conflict zu kommen. Man übersieht leicht, dafs die äufsere Rolle wegen ihrer Gröfse ein gröfseres Trägheitsmoment habe, was eine gröfsere Schwingungsdauer zur Folge hat; doch läfst sich dieser Einflufs durch eine veränderte Anordnung der bifilaren Suspension, wenn es nöthig ist, leicht compensiren.

Was die Beobachtungen selbst betrifft, so ist noch zu bemerken, dafs, um die Resultate mit einander vergleichen zu können, die Intensität des Stroms, welcher durch die beiden Leiter des Dynamometers ging, gleichzeitig mit der

Dynamometerbeobachtung von einem zweiten Beobachter an einem Galvanometer genau gemessen wurde. Es war diefs nöthig, weil auf die Unveränderlichkeit der Stromintensität während einer gröfseren Reihe von Versuchen, auch wenn man sich der sogen. constanten Säule von Grove oder Bunsen bedient, keineswegs gebaut werden kann.

Als erste Probe wurden nun zunächst drei Ströme von verschiedener Intensität, nämlich von 3, 2 und 1 Grove'schen Becher, durch die beiden Leiter des Dynamometers geführt und die gleichzeitigen Ablenkungen des Dynamometers und des Galvanometers beobachtet. Nach den erforderlichen Reductionen wurden für die Ablenkungen beider Instrumente folgende Mittelwerthe erhalten.

Zahl der Grove'schen Becher.	Ablenkungen des Dynamometers	Ablenkungen des Galvanometers.
3	440,038	108,426
2	198,255	72,398
1	50,915	36,332

Diese Beobachtungen sind so reducirt, dafs die ersteren ein Maafs der elektrodynamischen Kraft geben, mit welcher die beiden Leiter des Dynamometers auf einander wirken, wenn durch beide Ströme von gleicher Intensität geführt werden, die letzteren aber ein Maafs von dieser Stromintensität selbst geben.

Bezeichnet man nun die Dynamometerbeobachtungen mit δ, die Galvanometerbeobachtungen mit γ, so ergiebt sich

$$\gamma = 5,15534 \,.\, \sqrt{\delta};$$

denn berechnet man hiernach die Werthe von γ aus den beobachteten Werthen von δ, so erhält man der Reihe nach

108,144
72,589
36,786,

welche von den beobachteten Werthen von γ kleinere Differenzen, als verbürgt werden können, zeigen, nämlich:

— 0,282
+ 0,191
+ 0,454.

Die elektrodynamische Kraft der Wechselwirkung zweier

Leitungsdrähte, durch welche Ströme von gleicher Intensität gehen, ist also dem Quadrate dieser Intensität proportional, ganz so, wie es in dem Grundprincip der Elektrodynamik vorausgesetzt wird.

Hierauf folgte nun eine gröfsere Versuchsreihe zur Erforschung der Abhängigkeit der elektrodynamischen Kraft, mit welcher die beiden Leitungsdrähte des Dynamometers wechselseitig auf einander wirken, von der gegenseitigen Lage und Entfernung dieser Drähte.

Hiezu war nun die Einrichtung getroffen, dafs der eine Leitungsdraht, nämlich der Multiplicator, in beliebige Lagen gegen den andern, nämlich gegen den bifilar aufgehangenen Ring, gebracht werden konnte, indem letzterer den gröfseren Ring bildete, welcher den ersteren kleineren umschlofs.

Beide Ringe wurden stets in solche Lage gebracht, dafs ihre Axen in einer und derselben Horizontalebene lagen und einen rechten Winkel mit einander bildeten.

Der Abstand der beiden Ringe wurde nach dem Abstande ihrer Mittelpunkte von einander bestimmt und also $=0$ gesetzt, wenn die Mittelpunkte beider Ringe zusammenfielen.

War diefs letztere nicht der Fall, so mufste aufser der Gröfse des Abstandes beider Mittelpunkte auch noch der Winkel bestimmt werden, welchen die beide Mittelpunkte verbindende Grade mit der Axe des bifilar aufgehangenen Ringes bildete, wodurch die Richtung definirt wurde, nach welcher der Mittelpunkt des Multiplicators von dem Mittelpunkte des bifilar aufgehangenen Ringes entfernt worden war. Es wurden dazu die 4 Cardinalrichtungen gewählt, für welche jener Winkel die Werthe 0°, 90°, 180° und 270° erhielt, d. h. wenn die Axe des bifilar aufgehangenen Rings, gleich der Axe einer Magnetnadel, nach dem magnetischen Meridiane orientirt war, so wurde der Mittelpunkt des Multiplicators von dem Mittelpunkte jenes Rings bald nach der Richtung des Meridians, *nördlich* oder *südlich*, bald nach der Richtung senkrecht gegen den magnetischen Meridian, *östlich* oder *westlich*, entfernt. In jeder dieser verschiedenen Richtungen wurde der Multiplicator

successive in verschiedenen Entfernungen von dem aufgehangenen Ringe gebracht.

Dieses System der Anordnung verschiedener Lagen und Entfernungen der beiden Leitungsdrähte des Dynamometers entspricht, wie man leicht sieht, genau dem Systeme der Anordnung verschiedener Lagen und Entfernungen der beiden Magnete, welche Gaufs seinen Messungen zum Grunde gelegt hat, um das Grundprincip des Magnetismus zu erweisen. Der bifilar aufgehangene Ring vertritt hiebei die Stelle der Gaufs'schen Magnetnadel, der Multiplicator die Stelle des Gaufs'schen Ablenkungsstabes. Der einzige wesentliche Unterschied ist der, dafs die Wechselwirkung der Magneten nur aus der Ferne beobachtet werden konnte, folglich bei den magnetischen Beobachtungen der Fall ausgeschlossen war, wo die Mittelpunkte beider Magnete zusammenfielen, während bei den elektrodynamischen Messungen, von denen hier die Rede ist, das System noch durch den Fall, wo die Mittelpunkte beider Ringe zusammenfielen, vervollständigt werden konnte.

Gleichzeitig mit den am Dynamometer gemachten Beobachtungen wurde von einem andern Beobachter an einem Galvanometer die Intensität des Stroms gemessen, welcher durch die beiden Ringe des Dynamometers ging. Durch diese Hülfsbeobachtungen war es möglich, alle am Dyna-[illegible] gemachten Beobachtungen nach dem oben bewiesenen Gesetze, dafs die elektrodynamische Kraft dem Quadrate der Stromintensität proportional ist, auf gleiche Stromintensität zu reduciren und dadurch die erhaltenen Resultate vergleichbar zu machen.

Folgende Tafel giebt in kurzer Uebersicht die reducirten Mittelwerthe, welche für die verschiedenen Fälle erhalten wurden. In der ersten verticalen Columne ist der Abstand der Mittelpunkte der beiden Ringe des Dynamometers, in der Ueberschrift der Columnen ist die Richtung angegeben, welche die beide Mittelpunkte verbindenden Grade mit der nach dem magnetischen Meridian orientirten Axe des bifilar aufgehangenen Ringes bildet.

Abstand in mm.	Nördlich 0°.	Oestlich 90°.	Südlich 180°.	Westlich 270°.
0	22960	22960	22960	22960
300	77,16	189,24	77,06	190.62
400	34,78	77,61	34,77	77,28
500	18,17	39,37	18,30	39,16
600	—	22,53	—	22,38

Man sieht leicht, dafs in dem Falle, wo die Mittelpunkte der beiden Ringe des Dynamometers zusammenfallen, oder ihr Abstand $=0$ ist, der Unterschied wegfällt, welcher auf der Verschiedenheit der Richtung beruht, nach welcher der Multiplicator von dem bifilar aufgehangenen Ringe entfernt werde. Das für diesen Fall erhaltene Resultate konnte daher in obiger Tafel in den verschiedenen Columnen nur wiederholt werden.

Ferner zeigt obige Tafel, dafs die für gleichen Abstand in entgegengesetzten, um 180° verschiedenen Richtungen erhaltenen Resultate so weit mit einander übereinstimmen, als die Beobachtungen verbürgt werden können.

Diese Werthe, einander gleich gesetzt und dafür ihr Mittel genommen, geben nach Verwandlung der Scalentheile in Grade, Minuten und Secunden, folgende Tafel:

R	v	v'
0,3	0° 49′ 22″	0° 20′ 3″
0,4	0 20 8	0 9 2
0,5	0 10 12	0 4 44
0,6	0 5 50	—

worin dieselbe Bezeichnung gebraucht ist, deren sich Gaufs in der *Intensitas vis magneticae etc.* (Ann. 1833, Bd. 28, S. 604) in der Zusammenstellung der magnetischen Beobachtungen bedient hat.

Nach dem Grundprincipe der Elektrodynamik sollen sich nun hier wie dort die Tangenten der Ablenkungswinkel v und v' nach den fallenden ungeraden Potenzen des Abstands R entwickeln lassen, und zwar soll

$$tang\, v = a\, R^{-3} + b\, R^{-5}$$

$$tang\, v' = \tfrac{1}{2}\, a\, R^{-3} + c\, R^{-5}$$

ge-

gesetzt werden können, wo *a*, *b*, *c* aus den Beobachtungen zu bestimmende Constanten sind. Setzt man nun in unserem Falle

$$tang\, v = 0{,}0003572\, R^{-3} + 0{,}000002755\, R^{-5}$$
$$tang\, v' = 0{,}0001786\, R^{-3} - 0{,}000001886\, R^{-5},$$

so ergiebt sich folgende Tafel *berechneter* Ablenkungen und deren Unterschiede von den *beobachteten:*

R	*v*	Unter-schied.	*v'*	Unter-schied.
0,3	0° 49′ 22″	0″	0° 20′ 4″	— 1″
0,4	0 20 7	+ 1	0 8 58	+ 4
0,5	0 10 8	+ 4	0 4 42	+ 2
0,6	0 5 49	+ 1		

In dieser Uebereinstimmung der berechneten Werthe mit den beobachteten findet sich also eine der allgemeinsten und wichtigsten Consequenzen des Grundprincips der Elektrodynamik bestätigt, *dafs nämlich für die elektrodynamischen Wirkungen in die Ferne gleiche Gesetze gelten wie für die magnetischen.*

Bei dieser Anwendung der magnetischen Gesetze auf die elektrodynamischen Beobachtungen mufste von letzteren der Fall ausgeschlossen werden, wo die Mittelpunkte der beiden Ringe des Dynamometers zusammenfallen. Auch werden bei dieser Uebertragung der magnetischen Gesetze auf die elektrodynamischen Beobachtungen die Werthe dreier Constanten aus den Beobachtungen selbst abgeleitet, was nicht nöthig ist, wenn man auf das Grundprincip der Elektrodynamik selbst zurückgeht und daraus unmittelbar berechnet, welche Resultate die Beobachtungen darnach hätten geben sollen.

Aus dem Grundprincip der Elektrodynamik wird nun mit hinreichender Annäherung

1) für den Fall, wo die die Mittelpunkte beider Ringe verbindende Gerade mit der Axe des bifilar aufgehangenen Ringes zusammenfällt,

wenn *m* den Halbmesser des Multiplicatorrings, *n* den Halbmesser des bifilar aufgehangenen Rings und *a* den

Abstand der Mittelpunkte beider Ringe bezeichnet, und Kürze halber

$$\frac{mm}{aa + nn} = vv,$$

$$\frac{nn}{aa + nn} = ww,$$

$$\frac{4\,aa + nn}{16\,(aa + nn)} = f,$$

$$\frac{8\,a^4 + 4\,aa\,nn + n^4}{64\,(aa + nn)^2} = g$$

geschrieben wird, das *elektrodynamische Drehungsmoment gefunden, welches der Multiplicatorring auf den bifilar aufgehangenen Ring ausübt, wenn durch beide Ringe ein Strom von der Intensität* $= i$ *geht*, nämlich:

$$= -\frac{\pi\pi}{2}\,v^3\,nn\,ii\,.\,S,$$

wo S folgende Reihe bezeichnet:

$$\begin{aligned} S = &+ [\tfrac{1}{3} - ww] \\ &- \tfrac{3}{2}[\tfrac{3}{5} - ww - (3 - 7\,ww)f]\,vv \\ &+ \tfrac{15}{8}[\tfrac{5}{7} - ww - 2\,(5 - 9\,ww)f + 3\,(5 - 11\,ww)g]\,v^4 \\ &- \tfrac{35}{16}[\tfrac{7}{9} - ww - 3\,(7 - 11\,ww)f + 11\,(7 - 13\,ww)g]\,v^6 \\ &+ \tfrac{315}{128}[\tfrac{9}{11} - ww - 4\,(9 - 13\,ww)f + 26\,(9 - 15\,ww)g]\,v^8 \\ &- \textit{etc.} \end{aligned}$$

Setzt man hierin die aus unmittelbarer Abmessung bekannten Werthe, in Millimetern:

$$m = 44{,}4$$
$$n = 55{,}8$$

und successive $a = 300,\ 400,\ 500,$

so erhält man für die gesuchten Drehungsmomente folgende drei mit $\pi\pi ii$ zu multiplicirende Werthe

$$-\ 1{,}4544$$
$$-\ 0{,}6547$$
$$-\ 0{,}3452.$$

Ebenso findet man

2) für den Fall, wo die die Mittelpunkte beider Ringe verbindende gerade Linie mit der Axe des bifilar aufgehangenen Ringes rechtwinklich ist,

wenn m, n, a dieselbe Bedeutung haben, und

$$\frac{mm}{aa+nn}=vv,$$

$$\frac{aa}{aa+nn}=f,$$

$$\frac{nn}{aa+nn}=4gvv$$

geschrieben wird, das gesuchte Drehungsmoment

$$=+\pi v^3\, nn\, ii\,.\, S',$$

wo S' folgende Reihe bezeichnet:

$$\begin{aligned} S' = &+\tfrac{1}{3} \\ &-\tfrac{3}{2}\left[\tfrac{1}{5}-\tfrac{10}{3}fg\right]vv \\ &+\tfrac{15}{8}\left[\tfrac{1}{7}+\tfrac{2}{5}(1-14f)g+42ffgg\right]v^4 \\ &-\tfrac{35}{16}\left[\tfrac{1}{9}+\tfrac{3}{7}(2-18f)g-\tfrac{54}{5}(1-11f)fgg-572f^3g^3\right]v^6 \\ &+\tfrac{315}{128}\left[\tfrac{1}{11}+\tfrac{4}{9}(3-22f)g+\tfrac{12}{7}(1-22f+143ff)gg \right.\\ &\qquad\left.+\tfrac{1144}{5}(1-10f)ffg^3+\tfrac{24310}{3}f^4g^4\right]v^8 \\ &-\ etc. \end{aligned}$$

Setzt man hierin für m und n die angegebenen Werthe und successive $a=300$, 400, 500, 600, so erhält man für die gesuchten Drehungsmomente folgende mit $\pi\pi\, ii$ zu multiplicirende Werthe:

+ 3,5625
+ 1,4661
+ 0,7420
+ 0,4267.

Endlich findet man

3) für den Fall, wo die Mittelpunkte beider Ringe zusammenfallen,

wenn m den Halbmesser des Multiplicators, n' und n'' den kleinsten und gröfsten Halbmesser des bifilar aufgehangenen Rings bezeichnet, das gesuchte Drehungsmoment:

$$\begin{aligned} =\frac{\pi\pi\, m^3}{n''-n'}\, ii\, \Big[\tfrac{1}{3}\, log\ nat\, \frac{n''}{n'} &+\frac{9}{160}\left(\frac{1}{n''n''-n'n'}\right)mm-\frac{225}{14336}\left(\frac{1}{n''^4}-\frac{1}{n'^4}\right)m^4 \\ &+\frac{6125}{884736}\left(\frac{1}{n''^6}-\frac{1}{n'^6}\right)m^6+\frac{694575}{184549376}\left(\frac{1}{n''^8}-\frac{1}{n'^8}\right)m^8+\ldots\Big]. \end{aligned}$$

Setzt man hierin die aus unmittelbarer Abmessung bekannten Werthe, in Millimetern:

$$m = 44{,}4$$
$$n' = 50{,}25$$
$$n'' = 61{,}35,$$

so erhält man für das gesuchte Drehungsmoment folgenden mit $\pi\pi ii$ zu multiplicirenden Werth:

$$+\ 442{,}714.$$

Dieser Werth erleidet noch eine Verkleinerung etwa um $\frac{1}{29}$, wenn man darauf Rücksicht nimmt, daſs nicht sämmtliche Windungen jedes der beiden Ringe in einer Ebene lagen, was in diesem Falle wegen der Nachbarschaft derselben gröſseren Einfluſs hat, als in den übrigen Fällen. Obiger Werth reducirt sich dadurch auf

$$+\ 427{,}45\ .\ \pi\pi ii.$$

Die hier berechneten Zahlencoëfficienten sollten nun den beobachteten Werthen proportional seyn und durch Multiplication mit $\pi\pi ii$, wenn die Stromintensität i nach dem den obigen Messungen zum Grunde liegenden Maaſse ausgedrückt wurde, gleich werden.

In der That erhält man, wenn man sämmtliche berechneten Zahlencoëfficienten mit 53,06 multiplicirt und sie dann nach Analogie der beobachteten Werthe ordnet, folgende Tafel der berechneten Werthe und deren Unterschiede von den beobachteten.

Abstand in mm.	Nördl. od. südl. 0° od. 180°.	Unterschied.	Südl. od. westl. 90° od. 270°	Unterschied.
0	+ 22680,00	+ 280,00	+ 22680,00	+ 280,00
300	189,03	+ 0,90	77,17	− 0,06
400	77,79	− 0,34	34,74	+ 0,03
500	39,37	− 0,10	18,31	− 0,07
600	22,64	− 0,18		

In dieser Vergleichung von Theorie und Erfahrung ist der einzige Factor 53,06 aus den Beobachtungen abgeleitet worden und es ist dieſs bloſs darum geschehen, weil dieser Factor aus unmittelbaren Abmessungen sich nicht genau genug bestimmen lieſs. Die directe Bestimmung dieses Factors beruht auf der Ermittlung des Verhältnisses desjenigen Maaſses der Stromintensität, welches der gebrauchten Galvanometerscale zum Grunde lag, zu demjenigen absoluten

Maafse, auf welches sich der theoretische Ausdruck bezieht. Die zur Ermittlung dieses Verhältnisses nothwendigen Abmessungen liefsen sich, weil keine besonderen Vorkehrungen dafür getroffen waren, nicht sämmtlich mit der erforderlichen Genauigkeit ausführen. In der That ist jedoch jener Factor beiläufig so gut als die Umstände es gestatteten, durch directe Abmessung wirklich bestimmt und $=49{,}5$ gefunden worden. Auch dieses Resultat gewährt eine Uebereinstimmung mit dem rückwärts aus den Beobachtungen abgeleiteten, welche nach den Umständen nicht gröfser erwartet werden konnte.

Beobachtungen zur Erweiterung des Gebiets elektrodynamischer Untersuchungen.

A. Beobachtung der Volta-Induction.

Wird der bifilar aufgehangene Ring des Dynamometers in Schwingung versetzt, während durch ihn selbst oder durch den Multiplicatorring oder durch beide zugleich ein Strom geleitet wird, so ist jene Bewegung eine *inducirende*, durch die ein Strom in dem Leiter, durch welchen kein Strom ging, erregt wird, oder durch die der durch diesen Leiter gehende Strom verändert wird. Diese Erregungsart der Ströme heifst *Volta-Induction.* Die inducirende Bewegung, d. i. die Geschwindigkeit des schwingenden Ringes, wird jederzeit durch die Wechselwirkung der durch Volta-Induction erregten mit den durch die Ringe geleiteten Strömen verkleinert oder *gedämpft.* Diese von der Volta-Induction *bewirkte Dämpfung* des schwingenden Ringes läfst sich genau beobachten, und zugleich läfst sich auch die Bewegung des schwingenden Ringes selbst, welche die Volta-Induction *verursacht*, genau bestimmen, und diese doppelte Benutzung des Dynamometers gewährt die nothwendigen Data zur näheren Erforschung der Gesetze der Volta-Induction.

Der in sich geschlossene bifilar aufgehangene Ring wurde in so grofse Schwingung gesetzt, als die Scale zu beobachten gestattete, und darauf seine Schwingungen von 0 an

gezählt, so lange bis sie für genaue Beobachtungen zu klein wurden. Während dieser Zählung wurde von Zeit zu Zeit die Gröfse des Schwingungsbogens gemessen. Diese Versuche wurden *zuerst* unter dem Einflufs der Volta-Induction gemacht, indem der Strom von drei Grove'schen Bechern durch den Multiplicatorring geleitet wurde, *sodann* wurden die nämlichen Versuche, nach Entfernung der Grove'schen Becher, ohne Volta-Induction wiederholt.

Mit Volta-Induction.		Ohne Volta-Induction.	
Zählung der Schwingungen.	Schwingungs-bogen.	Zählung der Schwingungen.	Schwingungs-bogen.
0.	764,10	0.	650,80
9.	679,14	14.	601,43
18.	604,05	25.	564,90
35.	484,15	52.	485,28
47.	414,60	82.	409,62
57.	365,50	109.	353,08
74.	292,27	134.	306,70
85.	253,30	163.	261,08
103.	200,80	189.	226,33
118.	165,56	212.	198,68
130.	141,37	232.	178,26
143.	119,33	254.	157,98
157.	100,49	284.	134,17
179.	75,59	309.	116,30
196.	60,58	328.	105,25
210.	50,08	369.	83,68
		387.	75,45

Es ergiebt sich aus der Vergleichung, dafs die Abnahme der Gröfse des Bogens, welche ohne den Einflufs der Induction von einer Schwingung zur andern im Mittel den 180sten Theil betrug, unter Mitwirkung der Induction auf den 77sten Theil stieg.

Substituirt man dem Multiplicatorringe mit dem durchgeleiteten Strome einen in elektromagnetischer Beziehung äquivalenten Magnet, so findet man die Abnahme des Bogens eben so grofs, d. h. die Magneto-Induction dieses Magneten gleich der Volta-Induction des Stroms im Multiplicator.

Aus diesen Versuchen läfst sich auch die Geschwindigkeit ableiten, welche die inducirende Bewegung haben mufs,

wenn die Intensität des inducirten Stroms der des inducirenden gleich seyn soll.

B. Bestimmung der Dauer momentaner Ströme nebst Anwendung auf physiologische Versuche.

Wenn die Intensität eines *fortdauernden* constanten Stroms bestimmt werden soll, so kann man sich dazu sowohl des Galvanometers (der Sinus- oder Tangenten-Bussole), als auch des Dynamometers bedienen; ist es aber ein Strom blofs von *momentaner* Dauer, dessen Intensität bestimmt werden soll, so reicht die Beobachtung eines von jenen beiden Instrumenten nicht hin, weil die beobachtete Ablenkung nicht blofs von der Intensität des Stroms, sondern auch von der Dauer desselben abhängt. Es ist daher nothwendig, um die Intensität des Stroms zu erfahren, auch seine Dauer zu bestimmen.

Die beiden Instrumente, nämlich das Galvanometer und Dynamometer, ergänzen nun einander so, dafs wenn derselbe momentane Strom durch beide hindurch geht und die dadurch hervorgebrachte Ablenkung beider Instrumente beobachtet wird, aus diesen beiden Beobachtungen sowohl die Dauer als auch die Intensität des momentanen Stroms bestimmt werden kann. Es gründet sich diese wechselseitige Ergänzung darauf, dafs die beobachtete Ablenkung beider Instrumente von der Dauer des momentanen Stromes auf gleiche Weise abhängt, nämlich derselben proportional ist, dagegen aber von der Intensität des Stromes nicht auf gleiche Weise abhängt, weil die Ablenkung des Galvanometers der Stromintensität proportional ist.

s und ς bezeichne die Schwingungsdauer des Galvanometers und Dynamometers;

e' und ε' bezeichne die Ablenkung, in welcher beide Instrumente verharren, wenn durch beide derselbe fortdauernde constante Strom von der Intensität i' geht;

e und ε bezeichne dagegen die Elongationsweite, zu welcher beide Instrumente in Folge eines momentanen Stroms von der Dauer Θ und von der Intensität i gelan-

gen; so ergiebt sich zur Bestimmung der *Dauer* Θ folgende Gleichung:

$$\Theta = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{ss}{\varsigma} \cdot \frac{\varepsilon'}{e'e'} \cdot \frac{ee}{\varepsilon},$$

zur Bestimmung der *Intensität* des Stroms i aber folgende Gleichung:

$$i = \frac{\varsigma}{s} \cdot \frac{e'}{\varepsilon'} \cdot i' \cdot \frac{\varepsilon}{e}.$$

s, ς, e', ε', i', e und ε sind hierin durch Beobachtung bestimmbare Gröfsen.

Diese Verbindung des Dynamometers mit dem Galvanometer ist von besonderer Wichtigkeit in der Physiologie zur genaueren Erforschung der Nervenerregung durch galvanische Ströme. Denn es zeigt sich dabei, dafs zumal Sinnesnerven durch fortdauernde Ströme schnell abgestumpft werden, und dafs daher zu solchen Versuchen häufig momentane Ströme angewendet werden müssen. Die beobachteten Sinneseindrücke hängen dann aber weniger von der Dauer des Stromes als von seiner Intensität ab, und es ist nothwendig, beide zu kennen.

C. Wiederholung des Ampère'schen Fundamentalversuchs mit gemeiner Elektricität und Messung der Dauer des elektrischen Funkens bei Entladung einer Leidener Flasche.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, dafs die Wirkung eines Stroms auf das Dynamometer mehr von der Intensität des Stroms, deren Quadrate sie proportional ist, als von der Dauer des Stroms, der sie einfach proportional ist, abhängt. Hieraus folgt, dafs auch eine kleine Quantität Elektricität, wenn sie in recht kurzer Zeit durch das Dynamometer geführt wird, so also, dafs sie zwar einen Strom von sehr kurzer Dauer aber sehr grofser Intensität bildet, eine wahrnehmbare Wirkung hervorbringen werde. Diefs ist nun der Fall, wenn man die geringe Quantität Elektricität, welche sich in einer Leydener Flasche oder Batterie ansammeln läfst, bei der Entladung durch das Dynamometer führt. Hiedurch wurde es möglich, den bisher nur mit starken galvanischen Säulen gemachten Ampère'schen Fundamentalversuch, auch mit gemeiner Elektricität darzustellen.

Wurde dieselbe, in Leydener Flaschen angesammelte, Elektricität, welche durch das Dynamometer geführt wurde, noch aufserdem durch ein Galvanometer geleitet und die dadurch in beiden Instrumenten hervorgebrachte Elongation gemessen, so konnte daraus nach den oben gegebenen Regeln die Dauer des Stroms, d. i. die Dauer des elektrischen Funkens bei der Entladung der Leydener Flasche, und zugleich die Intensität des Stroms bestimmt werden, vorausgesetzt, dafs man den Strom während seiner kurzen Dauer als gleichförmig betrachten dürfe.

Es ist bekannt, dafs man bei solchen Versuchen die Entladung der Leydener Flaschen durch eine nasse Schnur bewirkt, um zu verhindern, dafs die Entladung, statt durch die dünnen Drähte der beiden Instrumente durch, die Luft erfolge.

Auf diese Weise wurde eine Versuchsreihe gemacht, wo die Entladung einer Batterie von 8 Flaschen durch eine nasse hanfene Schnur von 7 Millimetern Dicke und verschiedener Länge bewerkstelligt wurde, woraus sich folgende Resultate ergaben:

Länge der Schnur. Millimeter.	Dauer des Funkens. Secunden.
2000	0,0851
1000	0,0345
500	0,0187
250	0,0095

Die Dauer des Funkens war hiernach der Länge der Schnur nahe proportional; denn die beobachtete Dauer des Funkens ist:

Secunden.

0,0816 + 0,0035
0,0408 — 0,0063
0,0204 — 0,0017
0,0102 — 0,0007

Hierin ist der erste Theil der Funkendauer der Länge der Schnur genau proportional, der zweite Theil aber ist so klein, dafs er auf Rechnung der Beobachtungsfehler, welche hiebei unvermeidlich waren, gesetzt werden kann.

Man sieht leicht, dafs hiemit das von Wheatstone gefundene Resultat, wornach die Dauer des Funkens bei Entladungen durch blofs metallische Leiter gegen die hier gefundene Dauer verschwindend klein ist, in vollkommenem Einklange steht.

D. Anwendungen des Dynamometers auf Intensitätsmessungen der Schallschwingungen.

Bei einem schnellen Wechsel positiver und negativer Ströme in einem Leitungsdrahte verwandelt sich die Strombewegung der Elektricität in eine *Schwingung*. Eine solche Schwingung der Elektricität läfst sich aber mit einem Galvanometer (z. B. mit einer Sinus- oder Tangentenbussole) nicht beobachten, weil hier die Wirkungen der auf einander folgenden entgegengesetzten Schwingungen sich aufheben.

Anders verhält es sich aber bei einem Dynamometer, in dessen beiden Ringen die Richtung der Schwingung immer gleichzeitig wechselt und die beobachtete Ablenkung dem Quadrate der Stromintensität proportional ist. Es ergiebt sich nämlich hieraus von selbst, dafs der gleichzeitige Wechsel der Richtung in beiden Ringen keinen Einflufs auf die Wirkung habe, weil beim Dynamometer von einem durch beide Ringe geleiteten negativen Strom eine Ablenkung nach derselben Seite hervorgebracht wird, wie von einem durch beide Ringe geleiteten positiven Strom. Ob die Ablenkung des Dynamometers nach der einen oder nach der andern Seite geschieht, hängt nicht wie beim Galvanometer von der Richtung des durchgehenden Stroms, sondern blofs von der Verbindung der Drahtenden beider Ringe ab.

Nun läfst sich aber eine elektrische Schwingung in einem Leitungsdrahte durch einen stählernen magnetisirten Klangstab leicht hervorbringen, wenn ein Theil des Leitungsdrahtes als Inductorring das frei schwingende Ende des Klangstabes so umgiebt, dafs die Richtung der Schwingungen gegen die Ebene der Drahtwindungen senkrecht ist.

Alle Schwingungen des Klangstabs nach der einen Seite induciren dann im Drahte positive Ströme, alle Schwingungen nach der andern Seite negative Ströme, die so schnell auf einander folgen, wie die Schallschwingungen selbst.

Sind nun die Drahtenden des Inductorrings mit den Drahtenden des Dynamometers verbunden, so beobachtet man eine Ablenkung des letzteren während der Schwingung des Klangstabs, die sich genau messen läfst. Diese Ablenkung bleibt so lange unverändert, als die Intensität der Schallschwingungen unverändert bleibt, nimmt aber schnell ab bei abnehmender Intensität der Schallschwingungen, und beträgt, wenn die Amplitude der Schallschwingungen auf die Hälfte herabgesunken ist, nur noch den vierten Theil.

Das Dynamometer bietet auf diese Weise ein Hülfsmittel, die Intensität der Schallschwingungen zu messen, welches von Wichtigkeit ist, weil es noch sehr an geeigneten Methoden für diese Messungen gebricht.

Aufser den bisher betrachteten auf den Gebrauch des Dynamometers begründeten Untersuchungen giebt es noch andere, welche in der Folge behandelt werden sollen, wobei auch einige Modificationen in der Construction dieses Instruments für besondere Zwecke genauer erörtert werden sollen.

Ueber den Zusammenhang des Grundprincips der Elektrodynamik mit dem der Elektrostatik.

Das Grundprincip der Elektrostatik ist, dafs wenn zwei elektrische (positive oder negative) Massen, welche durch e und e' bezeichnet werden, in der Entfernung r von einander sich befinden, die Gröfse der Kraft, mit welcher beide Massen auf einander wechselseitig wirken, durch den Ausdruck

$$\frac{ee'}{rr}$$

gegeben sey, und zwar, dafs Abstofsung oder Anziehung stattfinde, je nachdem dieser Ausdruck einen positiven oder negativen Werth hat.

Das Grundprincip der Elektrodynamik ist dagegen folgendes: Wenn zwei Stromelemente von der Länge α und α'

und der Intensität i und i' in der Entfernung $= r$ von einander so liegen, dafs die Richtungen, nach denen sich die positive Elektricität in beiden Elementen bewegt, mit einander den Winkel ε und mit der verbindenden Gerade die Winkel Θ und Θ' einschliefsen, so wird die Gröfse der Kraft, mit welcher beide Stromelemente auf einander wechselseitig wirken, durch den Ausdruck

$$-\frac{\alpha\alpha' ii'}{rr}(\cos\varepsilon - \tfrac{3}{2}\cos\Theta\cos\Theta')$$

bestimmt, und zwar Abstofsung oder Anziehung, je nachdem dieser Ausdruck einen positiven oder negativen Werth hat. Die Seite 210 und 211 entwickelten Ausdrücke für das von einem Ringe des Dynamometers auf den andern ausgeübte Drehungsmoment, sind sämmtlich aus diesem Grundprincipe abgeleitet.

Von den beiden angeführten Grundprincipen bezieht sich das *erstere* auf zwei elektrische Massen und deren Wechselwirkung, das *letztere* auf zwei Stromelemente und deren Wechselwirkung. Ein innerer Zusammenhang zwischen beiden kann nur dadurch erzielt werden, dafs man auch in den Stromelementen auf die Betrachtung der elektrischen Massen, welche in den Stromelementen sich befinden, und ihre Wechselwirkung zurückgeht.

Es fragt sich also zunächst, was für elektrische Massen in den beiden Stromelementen enthalten seyen, und von welchen gegenseitigen Verhältnissen dieser Massen ihre gegenseitigen Wechselwirkungen abhängen können.

Bezeichnet man mit e die Masse der positiven Elektricität, welche in einem der Längeneinheit gleichen Stücke des Leitungsdrahts enthalten ist, und folglich mit αe die Masse der positiven Elektricität, welche in dem Stromelemente, dessen Länge $= \alpha$ ist, enthalten ist, und bezeichnet ferner u die Geschwindigkeit, mit welcher diese Masse sich bewegt, so drückt das Product eu diejenige Masse positiver Elektricität aus, welche während der Zeiteinheit durch jeden Querschnitt des Leitungsdrahts geht, mit welcher die Strom-

intensität i proportional zu setzen ist; folglich, wenn a einen constanten Factor bezeichnet,

$$aeu = i.$$

Ist nun αe die Masse der positiven Elektricität in dem Stromelemente α, und u ihre Geschwindigkeit, so ist $-\alpha e$ die Masse der negativen Elektricität in demselben Stromelemente, und $-u$ deren Geschwindigkeit.

Ebenso ergiebt sich, wenn

$$ae'u' = i'$$

gesetzt wird, $\alpha' e'$ als Masse der positiven Elektricität in dem zweiten Stromelemente α', und u' als deren Geschwindigkeit, und endlich $-\alpha' e'$ als Masse der negativen Elektricität, und $-u'$ als deren Geschwindigkeit.

Substituirt man nun für i und i' in dem Ausdrucke der Kraft, welche ein Stromelement auf das andere ausübt, ihre Werthe $i = aeu$ und $i' = ae'u'$, so erhält man dafür

$$-\frac{\alpha e \,.\, \alpha' e'}{rr} \,.\, aauu' \,.\, (\cos \varepsilon - \tfrac{3}{2} \cos \Theta \cos \Theta').$$

Betrachtet man nun *erstens* in diesem Ausdrucke $\alpha e \,.\, \alpha' e'$ als das Product der *positiv* elektrischen Massen αe und $\alpha' e'$ in den beiden Stromelementen, und uu' als das Product ihrer Geschwindigkeiten u und u', und bezeichnet man mit $r_{,}$ die veränderliche Entfernung dieser beiden sich bewegenden Massen, endlich noch mit $s_{,}$ und $s_{,}'$ die Länge eines Stücks von jedem der beiden Leitungsdrähte, zu denen die betrachteten Stromelemente α und α' gehören, von einem bestimmten Anfangspunkte an gerechnet, in der Richtung fortgegangen, in welcher die *positive* Elektricität strömt, bis zu dem betrachteten Stromelemente, so weifs man, dafs die Cosinusse der beiden Winkel Θ und Θ', welche die beiden Leitungsdrähte an der Stelle der betrachteten Stromelemente mit der verbindenden Geraden $r_{,}$ machen, durch die partiellen Differentialquotienten von $r_{,}$ in Beziehung auf $s_{,}$ und $s_{,}'$ dargestellt werden können, nämlich

$$\cos \Theta = \frac{dr_{,}}{ds_{,}}, \quad \cos \Theta' = -\frac{dr_{,}}{ds_{,}'},$$

und es ergiebt sich dann für den Cosinus des Winkels ε,

welchen die Richtungen der beiden Leitungsdrähte an den betrachteten Stellen mit einander bilden,

$$\cos \varepsilon = - r_{\prime} \frac{ddr_{\prime}}{ds_{\prime}\, ds_{\prime}'} - \frac{dr_{\prime}\, dr_{\prime}}{ds_{\prime}\, ds_{\prime}'}.$$

Substituirt man nun auch für die Cosinusse der drei Winkel ε, Θ und Θ' die angeführten Differentialquotienten, so erhält man für den Ausdruck der Kraft, mit welcher das eine Stromelement auf das andere wirkt,

$$-\frac{\alpha e \,.\, \alpha' e'}{r_{\prime} r_{\prime}} \,.\, aauu' \,.\left(\frac{1}{2} \frac{dr_{\prime}\, dr_{\prime}}{ds_{\prime}\, ds_{\prime}'} - r_{\prime} \frac{ddr_{\prime}}{ds_{\prime}\, ds_{\prime}'}\right).$$

Betrachtet man *zweitens* in obigem Ausdrucke $-\alpha e \,.\, \alpha' e'$ als das Product der *positiv* elektrischen Masse αe des einen Stromelements α in die *negativ* elektrische Masse $-\alpha' e'$ des andern Stromelements α', und $-uu'$ als das Product ihrer Geschwindigkeiten u und $-u'$, bezeichnet ferner mit $r_{\prime\prime}$ die veränderliche Entfernung dieser beiden sich bewegenden Massen und mit $s_{\prime}$ und $s'_{\prime\prime}$ die Länge eines Stücks von jedem der beiden Leitungsdrähte, zu denen die betrachteten Stromelemente gehören, von einem bestimmten Anfangspunkte an gerechnet, in der Richtung fortgegangen, in welcher in dem ersten die *positive*, in dem zweiten die *negative* Elektricität strömt, bis zu dem betrachteten Stromelemente, so erhält man auf gleiche Weise

$$\cos \Theta = \frac{dr_{\prime\prime}}{ds_{\prime}}\,,\ \cos \Theta' = \frac{dr_{\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}'}$$

$$\cos \varepsilon = r_{\prime\prime} \frac{ddr_{\prime\prime}}{ds_{\prime}\, ds_{\prime\prime}'} + \frac{dr_{\prime\prime}\, dr_{\prime\prime}}{ds_{\prime}\, ds_{\prime\prime}'}.$$

Substituirt man nun diese Werthe, so erhält man folgenden Ausdruck für die Kraft, mit welcher das eine Stromelement auf das andere wirkt,

$$+\frac{\alpha e \,.\, \alpha' e'}{r_{\prime\prime} r_{\prime\prime}} \,.\, aauu' \,.\left(\frac{1}{2} \frac{dr_{\prime\prime}\, dr_{\prime\prime}}{ds_{\prime}\, ds_{\prime\prime}'} - r_{\prime\prime} \frac{ddr_{\prime\prime}}{ds_{\prime}\, ds_{\prime\prime}'}\right).$$

Betrachtet man *drittens* in dem ursprünglichen Ausdrucke $\alpha e \,.\, \alpha' e'$ als das Product der *negativ* elektrischen Massen $-\alpha e$ und $-\alpha' e'$ in den beiden Stromelementen, und uu' als das Product ihrer Geschwindigkeiten $-u$ und $-u'$, und bezeichnet mit $r_{\prime\prime\prime}$ die veränderliche Entfernung dieser

beiden sich bewegenden Massen, endlich noch mit $s_{\prime\prime}$ und $s_{\prime\prime}'$ die Länge eines Stücks von jedem der beiden Leitungsdrähte, zu denen die betrachteten Stromelemente gehören, von einem bestimmten Anfangspunkte an gerechnet, in der Richtung fortgegangen, in welcher die *negative* Elektricität strömt, bis zu dem betrachteten Stromelemente, so erhält man

$$\cos\Theta = -\frac{dr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}}\ , \quad \cos\Theta' = \frac{dr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}'}$$

$$\cos\varepsilon = -r_{\prime\prime\prime}\frac{ddr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}\,ds_{\prime\prime}'} - \frac{dr_{\prime\prime\prime}\,dr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}\,ds_{\prime\prime}'}\,.$$

Substituirt man nun diese Werthe, so erhält man für die Kraft, mit welcher das eine Stromelement auf das andere wirkt, einen dritten Ausdruck, nämlich:

$$-\frac{\alpha e\,.\,\alpha' e'}{r_{\prime\prime\prime}r_{\prime\prime\prime}}\,.\,aauu'\,.\left(\frac{1}{2}\frac{dr_{\prime\prime\prime}\,dr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}\,ds_{\prime\prime}'} - r_{\prime\prime\prime}\frac{ddr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}\,ds_{\prime\prime}'}\right).$$

Betrachtet man endlich *viertens* in dem ursprünglichen Ausdrucke $-\alpha e\,.\,\alpha' e'$ als das Product der *negativ* elektrischen Masse $-\alpha e$ des Stromelements α in die *positiv* elektrische Masse $\alpha' e'$ des Stromelements α', und $-uu'$ als das Product ihrer Geschwindigkeiten $-u$ und u', bezeichnet ferner mit $r_{\prime\prime\prime\prime}$ die veränderliche Entfernung dieser beiden sich bewegenden Massen und mit $s_{\prime\prime}$ und $s_{\prime}'$ die Länge eines Stücks von jedem der beiden Leitungsdrähte, zu denen die betrachteten Stromelemente gehören, von einem bestimmten Anfangspunkte an gerechnet, in der Richtung fortgegangen, in welcher in dem ersten die *negative*, in dem zweiten die *positive* Elektricität strömt, so erhält man

$$\cos\Theta = -\frac{dr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}}\ , \quad \cos\Theta' = -\frac{dr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime}'}$$

$$\cos\varepsilon = r_{\prime\prime\prime\prime}\frac{ddr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}\,ds_{\prime}'} + \frac{dr_{\prime\prime\prime\prime}\,dr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}\,ds_{\prime}'}\,.$$

Substituirt man nun diese Werthe, so erhält man für die Kraft, mit welcher ein Stromelement auf das andere wirkt, den vierten Ausdruck:

$$+\frac{\alpha e\,.\,\alpha' e'}{r_{\prime\prime\prime\prime}r_{\prime\prime\prime\prime}}\,.\,aauu'\,.\left(\frac{1}{2}\frac{dr_{\prime\prime\prime\prime}\,dr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}\,ds_{\prime}'} - r_{\prime\prime\prime\prime}\frac{ddr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}\,ds_{\prime}'}\right).$$

In dem Augenblicke nun, wo die betrachteten elektrischen Massen in den beiden Elementen α und α' sich befinden, haben die veränderlichen Entfernungen $r_{\prime}$, $r_{\prime\prime}$, $r_{\prime\prime\prime}$, $r_{\prime\prime\prime\prime}$ alle gleichen Werth, welcher mit r bezeichnet wird. Hierdurch verwandeln sich die vier gefundenen Ausdrücke der elektrodynamischen Kraft der beiden Stromelemente α und α' in folgende:

$$(1) \qquad -\frac{\alpha e \,.\, \alpha' e'}{rr} . aauu' . \left(\frac{1}{2} \frac{dr_{\prime} dr_{\prime}}{ds_{\prime} ds_{\prime}'} - r \frac{ddr_{\prime}}{ds_{\prime} ds_{\prime}'}\right),$$

$$(2) \qquad +\frac{\alpha e \,.\, \alpha' e'}{rr} . aauu' . \left(\frac{1}{2} \frac{dr_{\prime\prime} dr_{\prime\prime}}{ds_{\prime} ds_{\prime\prime}'} - r \frac{ddr_{\prime\prime}}{ds_{\prime} ds_{\prime\prime}'}\right),$$

$$(3) \qquad -\frac{\alpha e \,.\, \alpha' e'}{rr} . aauu' . \left(\frac{1}{2} \frac{dr_{\prime\prime\prime} dr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime} ds_{\prime\prime}'} - r \frac{ddr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime} ds_{\prime\prime}'}\right),$$

$$(4) \qquad +\frac{\alpha e \,.\, \alpha' e'}{rr} . aauu' . \left(\frac{1}{2} \frac{dr_{\prime\prime\prime\prime} dr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime} ds_{\prime}'} - r \frac{ddr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime} d_{\prime}'}\right),$$

woraus sich noch der 5te Ausdruck bilden läfst, nämlich (5):

$$-\frac{\alpha e \,.\, \alpha' e'}{rr} . \frac{aa}{4} . uu' . \left[\frac{1}{2}\left(\frac{dr_{\prime} dr_{\prime}}{ds_{\prime} ds_{\prime}'} - \frac{dr_{\prime\prime} dr_{\prime\prime}}{ds_{\prime} ds_{\prime\prime}'} + \frac{dr_{\prime\prime\prime} dr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime} ds_{\prime\prime}'} - \frac{dr_{\prime\prime\prime\prime} dr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime} ds_{\prime}'}\right) - r\left(\frac{ddr_{\prime}}{ds_{\prime} ds_{\prime}'} - \frac{ddr_{\prime\prime}}{ds_{\prime} ds_{\prime\prime}'} + \frac{ddr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime} ds_{\prime\prime}'} - \frac{ddr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime} ds_{\prime}'}\right)\right].$$

Die 4 veränderlichen Entfernungen $r_{\prime}$, $r_{\prime\prime}$, $r_{\prime\prime\prime}$, $r_{\prime\prime\prime\prime}$ sind nun respective abhängig von der veränderlichen Gröfse der Wege, $s_{\prime}$ und $s_{\prime}'$, $s_{\prime}$ und $s_{\prime\prime}'$, $s_{\prime\prime}$ und $s_{\prime\prime}'$, $s_{\prime\prime}$ und $s_{\prime}'$, welche die beweglichen Massen, auf welche sie sich beziehen, in den beiden gegebenen Leitungsdrähten zurückgelegt haben, und die folglich wiederum Functionen der Zeit t sind. Entwickelt man ihre vollständigen Differentiale, so erhält man:

$$dr_{\prime} = \frac{dr_{\prime}}{ds_{\prime}} ds_{\prime} + \frac{dr_{\prime}}{ds_{\prime}'} ds_{\prime}',$$

$$dr_{\prime\prime} = \frac{dr_{\prime\prime}}{ds_{\prime}} ds_{\prime} + \frac{dr_{\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}'} ds_{\prime\prime}',$$

$$dr_{\prime\prime\prime} = \frac{dr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}} ds_{\prime\prime} + \frac{dr_{\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}'} ds_{\prime\prime}',$$

$$dr_{\prime\prime\prime\prime} = \frac{dr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime\prime}} ds_{\prime\prime} + \frac{dr_{\prime\prime\prime\prime}}{ds_{\prime}'} ds_{\prime}';$$

ferner:

$$ddr_{\prime} = \frac{ddr_{\prime}}{ds_{\prime}^2} ds_{\prime}^2 + 2 \frac{ddr_{\prime}}{ds_{\prime} ds_{\prime}'} ds_{\prime} ds_{\prime}' + \frac{ddr_{\prime}}{ds_{\prime}'^2} ds_{\prime}'^2,$$

$$ddr_{,,} = \frac{ddr_{,,}}{ds_{,}^2}\, ds_{,}^2 + 2\,\frac{ddr_{,,}}{ds_{,}\, ds_{,,}'}\, ds_{,}\, ds_{,,}' + \frac{ddr_{,,}}{ds_{,,}'^2}\, ds_{,,}'^2,$$

$$ddr_{,,,} = \frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}^2}\, ds_{,,}^2 + 2\,\frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}\, ds_{,,}'}\, ds_{,,}\, ds_{,,}' + \frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}'^2}\, ds_{,,}'^2,$$

$$ddr_{,,,,} = \frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,,}^2}\, ds_{,,}^2 + 2\,\frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,,}\, ds_{,}'}\, ds_{,,}\, ds_{,}' + \frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,}'^2}\, ds_{,}'^2.$$

Dividirt man diese Differentialwerthe resp. mit dem Zeitelemente dt und dessen Quadrate dt^2, und beachtet, dafs

$$\frac{ds_{,}}{dt} = \frac{ds_{,,}}{dt} = u \quad , \quad \frac{ds_{,}'}{dt} = \frac{ds_{,,}'}{dt} = u'$$

ist, so erhält man:

$$\frac{dr_{,}}{dt} = u\,\frac{dr_{,}}{ds_{,}} + u'\,\frac{dr_{,}}{ds_{,}'},$$

$$\frac{dr_{,,}}{dt} = u\,\frac{dr_{,,}}{ds_{,}} + u'\,\frac{dr_{,,}}{ds_{,,}'},$$

$$\frac{dr_{,,,}}{dt} = u\,\frac{dr_{,,,}}{ds_{,,}} + u'\,\frac{dr_{,,,}}{ds'_{,,}},$$

$$\frac{dr_{,,,,}}{dt} = u\,\frac{dr_{,,,,}}{ds_{,,}} + u'\,\frac{dr_{,,,,}}{ds_{,}'};$$

ferner:

$$\frac{ddr_{,}}{dt^2} = uu\,\frac{ddr_{,}}{ds_{,}^2} + 2\,uu'\,\frac{ddr_{,}}{ds_{,}ds_{,}'} + u'u'\,\frac{ddr_{,}}{ds_{,}'^2},$$

$$\frac{ddr_{,,}}{dt^2} = uu\,\frac{ddr_{,,}}{ds_{,}^2} + 2\,uu'\,\frac{ddr_{,,}}{ds_{,}ds_{,,}'} + u'u'\,\frac{ddr_{,,}}{ds_{,,}'^2},$$

$$\frac{ddr_{,,,}}{dt^2} = uu\,\frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}^2} + 2\,uu'\,\frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}ds_{,,}'} + u'u'\,\frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}'^2},$$

$$\frac{ddr_{,,,,}}{dt^2} = uu\,\frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,,}^2} + 2\,uu'\,\frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,,}ds_{,}'} + u'u'\,\frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,}'^2}.$$

Aus den 4 letzten Gleichungen ergiebt sich unmittelbar:

$$2\,uu'\,\frac{ddr_{,}}{ds_{,}\,ds_{,}'} = +\,\frac{ddr_{,}}{dt^2} - uu\,\frac{ddr_{,}}{ds_{,}^2} - u'u'\,\frac{ddr_{,}}{ds_{,}'^2},$$

$$-\,2\,uu'\,\frac{ddr_{,,}}{ds_{,}\,ds_{,,}'} = -\,\frac{ddr_{,,}}{dt^2} + uu\,\frac{ddr_{,,}}{ds_{,}^2} + u'u'\,\frac{ddr_{,,}}{ds_{,,}'^2},$$

$$2\,uu'\,\frac{ddr_{,,,}}{ds_{,}\,ds_{,,}'} = +\,\frac{ddr_{,,,}}{dt^2} - uu\,\frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}^2} - u'u'\,\frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}'^2},$$

$$-\,2\,uu'\,\frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,,}\,ds_{,}'} = -\,\frac{ddr_{,,,,}}{dt^2} + uu\,\frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,,}^2} + u'u'\,\frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,}'^2}.$$

Nun haben die Differentialquotienten $\frac{ddr_{,}}{ds_{,}^2}$, $\frac{ddr_{,,}}{ds_{,}^2}$, $\frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}^2}$,

$\frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,,}^2}$ einen gleichen, blofs von der Lage und Gestalt des *ersten* Leitungsdrahts abhängigen, Werth, welcher mit $\frac{ddr}{ds^2}$ bezeichnet werden soll. Dasselbe gilt auch von den Differentialquotienten $\frac{ddr_{,}}{ds_{,}'^2}$, $\frac{ddr_{,,}}{ds_{,,}'^2}$, $\frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}'^2}$, $\frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,}'^2}$, welche alle dieselbe blofs von der Lage und Gestalt des *zweiten* Leitungsdrahts abhängige Gröfse bezeichnen, für welche kurz $\frac{ddr}{ds'^2}$ geschrieben werden soll. Summirt man, mit Rücksicht hierauf, die letzten vier Gleichungen, so erhält man:

$$2\,uu'\left(\frac{ddr_{,}}{ds_{,}\,ds_{,}'}-\frac{ddr_{,,}}{ds_{,}\,ds_{,,}'}+\frac{ddr_{,,,}}{ds_{,,}\,ds_{,,}'}-\frac{ddr_{,,,,}}{ds_{,,}\,ds_{,}'}\right)$$
$$=\frac{ddr_{,}}{dt^2}-\frac{ddr_{,,}}{dt^2}+\frac{ddr_{,,,}}{dt^2}-\frac{ddr_{,,,,}}{dt^2}.$$

Aus den vier ersten Gleichungen ergiebt sich aber, nachdem man sie quadrirt hat:

$$2\,uu'\,\frac{dr_{,}\,dr_{,}}{ds_{,}\,ds_{,}'}=+\frac{dr_{,}^2}{dt^2}-uu\,\frac{dr_{,}^2}{ds_{,}^2}-u'u'\,\frac{dr_{,}^2}{ds_{,}'^2},$$
$$-2\,uu'\,\frac{dr_{,,}\,dr_{,,}}{ds_{,}\,ds_{,,}'}=-\frac{dr_{,,}^2}{dt^2}+uu\,\frac{dr_{,,}^2}{ds_{,}^2}+u'u'\,\frac{dr_{,,}^2}{ds_{,,}'^2},$$
$$2\,uu'\,\frac{dr_{,,,}\,dr_{,,,}}{ds_{,,}\,ds_{,,}'}=+\frac{dr_{,,,}^2}{dt^2}-uu\,\frac{dr_{,,,}^2}{ds_{,,}^2}-u'u'\,\frac{dr_{,,,}^2}{ds_{,,}'^2},$$
$$-2\,uu'\,\frac{dr_{,,,,}\,dr_{,,,,}}{ds_{,,}\,ds_{,}'}=-\frac{dr_{,,,,}^2}{dt^2}+uu\,\frac{dr_{,,,,}^2}{ds_{,,}^2}+u'u'\,\frac{dr_{,,,,}^2}{ds_{,}'^2}.$$

Nun haben auch die Differentialquotienten $\frac{dr_{,}^2}{ds_{,}^2}$, $\frac{dr_{,,}^2}{ds_{,}^2}$, $\frac{dr_{,,,}^2}{ds_{,,}^2}$, $\frac{dr_{,,,,}^2}{ds_{,,}^2}$ gleichen Werth, welcher mit $\frac{dr^2}{ds^2}$ bezeichnet werde, und ebenso $\frac{dr_{,}^2}{ds_{,}'^2}$, $\frac{dr_{,,}^2}{ds_{,,}'^2}$, $\frac{dr_{,,,}^2}{ds_{,,}'^2}$, $\frac{dr_{,,,,}^2}{ds_{,}'^2}$, welcher mit $\frac{dr^2}{ds'^2}$ bezeichnet werde. Summirt man mit Rücksicht hierauf, so erhält man:

$$2\,uu'\left(\frac{dr_{,}\,dr_{,}}{ds_{,}\,ds_{,}'}-\frac{dr_{,,}\,dr_{,,}}{ds_{,}\,ds_{,,}'}+\frac{dr_{,,,}\,dr_{,,,}}{ds_{,,}\,ds_{,,}'}-\frac{dr_{,,,,}\,dr_{,,,,}}{ds_{,,}\,ds_{,}'}\right)$$
$$=\frac{dr_{,}^2}{dt^2}-\frac{dr_{,,}^2}{dt^2}+\frac{dr_{,,,}^2}{dt^2}-\frac{dr_{,,,,}^2}{dt^2}.$$

Substituirt man diese Werthe in den gefundenen 5ten Ausdruck der elektrodynamischen Kraft, so erhält man dafür:

$$-\frac{\alpha e\,.\,\alpha' e'}{rr}\cdot\frac{aa}{16}\left[\left(\frac{dr_{,}^2}{dt^2}-\frac{dr_{,,}^2}{dt^2}+\frac{dr_{,,,}^2}{dt^2}-\frac{dr_{,,,,}^2}{dt^2}\right)\right.$$
$$\left.-2r\left(\frac{ddr_{,}}{dt^2}-\frac{ddr_{,,}}{dt^2}+\frac{ddr_{,,,}}{dt^2}-\frac{ddr_{,,,,}}{dt^2}\right)\right],$$

ein Ausdruck, der sich in folgende 4 Glieder auflösen läfst:

$$-\frac{\alpha e\,.\,\alpha' e'}{r_{,}r_{,}}\cdot\frac{aa}{16}\left(\frac{dr_{,}^2}{dt^2}-2r_{,}\frac{ddr_{,}}{dt^2}\right),$$
$$+\frac{\alpha e\,.\,\alpha' e'}{r_{,,}r_{,,}}\cdot\frac{aa}{16}\left(\frac{dr_{,,}^2}{dt^2}-2r_{,,}\frac{ddr_{,,}}{dt^2}\right),$$
$$-\frac{\alpha e\,.\,\alpha' e'}{r_{,,,}r_{,,,}}\cdot\frac{aa}{16}\left(\frac{dr_{,,,}^2}{dt^2}-2r_{,,,}\frac{ddr_{,,,}}{dt^2}\right),$$
$$+\frac{\alpha e\,.\,\alpha' e'}{r_{,,,,}r_{,,,,}}\cdot\frac{aa}{16}\left(\frac{dr_{,,,,}^2}{dt^2}-2r_{,,,,}\frac{ddr_{,,,,}}{dt^2}\right).$$

Jedes dieser vier Glieder bezieht sich nun ausschliefslich auf *zwei* von den vier in den beiden Stromelementen unterschiedenen elektrischen Massen, nämlich das *erste* Glied auf die beiden positiven Massen αe und $\alpha' e'$, deren relative Entfernung $r_{,}$, Geschwindigkeit $\frac{dr_{,}}{dt}$ und Beschleunigung $\frac{ddr_{,}}{dt^2}$ ist; das *zweite* auf die positive Masse αe im ersten und auf die negative Masse $-\alpha' e'$ im zweiten Elemente, deren relative Entfernung $r_{,,}$, Geschwindigkeit $\frac{dr_{,,}}{dt}$ und Beschleunigung $\frac{ddr_{,,}}{dt^2}$ ist u. s. f., und zwar sind alle vier Glieder aus den Massen, auf welche sie sich beziehen, deren Entfernung, Geschwindigkeit und Beschleunigung *auf ganz gleiche Weise* zusammengesetzt.

Hieraus ergiebt sich nun, dafs, wenn der ganze Ausdruck der elektrodynamischen Kraft zweier Stromelemente als die Summe der Kräfte betrachtet wird, welche je zwei von den vier darin enthaltenen elektrischen Massen auf einander ausüben, jene Summe in ihre *ursprünglichen Bestandtheile* zerlegt worden sey, indem die obigen vier Glieder einzeln die

15*

vier Kräfte darstellen, welche die vier elektrischen Massen in den beiden Elementen *paarweise* aufeinander ausüben.

Hiernach würde also die Kraft, mit welcher eine beliebige positive oder negative Masse E auf eine beliebige andere positive oder negative Masse E' in der Entfernung R, bei einer relativen Geschwindigkeit $\frac{dR}{dt}$ und Beschleunigung $\frac{ddR}{dt^2}$, wirkt, ausgedrückt werden können durch

$$-\frac{aa}{16}\cdot\frac{EE'}{RR}\left(\frac{dR^2}{dt^2}-2R\frac{ddR}{dt^2}\right);$$

denn dieses Grundprincip ist nothwendig und genügt, um daraus die Ampère'schen elektrodynamischen Gesetze abzuleiten, welche durch obige Messungen bestätigt worden sind.

Dieses neue Grundprincip der Elektrodynamik ist aber seiner Natur nach ein *allgemeineres* als das früher von Ampère aufgestellte; denn letzteres bezieht sich blofs auf den speciellen Fall, wo vier elektrische Massen zugleich gegeben sind, die sich unter den bei unveränderlichen und unverrückten Stromelementen vorausgesetzten Verhältnissen befinden, während eine solche Beschränkung auf die angegebenen Verhältnisse bei dem ersteren nicht stattfindet. Es gestattet also dieses Grundprincip auch eine Anwendung in solchen Fällen, wo jenes unanwendbar ist, und es beruht hierauf seine gröfsere Fruchtbarkeit.

Vergleicht man nun endlich das gefundene neue Grundprincip der Elektrodynamik mit dem zu Anfang erwähnten Grundprincipe der Elektrostatik, so ersieht man, dafs jedes eine Kraft bestimmt, welche *zwei elektrische Massen* auf einander ausüben: dafs aber in den bisher betrachteten Fällen eine von beiden Kräften jedesmal verschwindet, weshalb nur die andere berücksichtigt zu werden braucht. Diefs findet nämlich *erstens* bei allen zur Elektrostatik gehörigen Fällen statt, weil hier die durch das neue Princip der Elektrodynamik bestimmte Kraft stets verschwindet; dasselbe findet aber auch *zweitens* bei allen bisher betrachteten zur Elek-

trodynamik gehörigen Fällen statt, wo stets solche Verhältnisse vorausgesetzt wurden, bei welchen sich alle durch das Princip der Elektrostatik bestimmten Kräfte wechselseitig aufhoben.

Beide Principe ergänzen also einander, und lassen sich daher zu einem allgemeinen Grundprincipe *für die ganze Elektricitätslehre*, welche Elektrostatik und Elektrodynamik zugleich umfaſst, zusammenfügen.

Durch das Grundprincip der Elektrostatik wurde für zwei elektrische Massen E und E' in der Entfernung R eine Kraft gegeben

$$=\frac{EE'}{RR};$$

fügt man also diese Kraft derjenigen noch hinzu, welche nach dem neuen Princip der Elektrodynamik gegeben ist:

$$=-\frac{aa}{16}\cdot\frac{EE'}{RR}\left(\frac{dR^2}{dt^2}-2\frac{ddR}{dt^2}\right),$$

so erhält man als den allgemeinen Ausdruck zur vollständigen Bestimmung der Kraft, welche eine beliebige elektrische Masse E auf eine andere E' ausübt, sie mögen ruhen oder sich bewegen:

$$\frac{EE'}{RR}\left(1-\frac{aa}{16}\cdot\frac{dR^2}{dt^2}+\frac{aa}{8}\cdot R\frac{ddR}{dt^2}\right).$$

Für ein bestimmtes der Zeitmessung zum Grunde gelegtes Maaſs, für welches $a=4$ ist, verwandelt sich dieser Ausdruck in:

$$\frac{EE'}{RR}\left(1-\frac{dR^2}{dt^2}+2R\frac{ddR}{dt^2}\right).$$

Beachtet man ferner, daſs R sowohl wie auch $\frac{dR}{dt}$ Functionen von t sind, und daſs folglich $\frac{dR}{dt}$ auch als Function von R anzusehen sey, welche mit $[R]$ bezeichnet werden soll, so kann man auch sagen, daſs das *Potential* der Masse E, in Beziehung auf den Ort der Masse E',

$$=\frac{E}{R}(1-[R]^2)$$

sey; denn die partiellen Differentialquotienten dieses Aus-

drucks nach den drei Coordinaten x, y, z geben die Componenten der nach den Richtungen der drei Coordinatenaxen zerlegten beschleunigenden Kraft.

Versteht man endlich unter *reducirter relativer Geschwindigkeit* der Massen E und E' diejenige relative Geschwindigkeit, welche diesen Massen, denen in dem betrachteten Augenblicke die Entfernung R, die relative Geschwindigkeit $\frac{dR}{dt}$ und Beschleunigung $\frac{ddR}{dt^2}$ zukommt, *wenn die letzte constant wäre*, in demjenigen Augenblicke haben würden, in welchen beide, dieser Voraussetzung gemäfs, in einem Punkte zusammenträfen, und bezeichnet V diese *reducirte relative Geschwindigkeit*, so verwandelt sich obiger Ausdruck:

$$\frac{EE'}{RR}\left(1-\frac{dR^2}{dt^2}+2R\frac{ddR}{dt^2}\right),$$

in folgenden Ausdruck:

$$\frac{EE'}{RR}(1-VV),$$

was sich in Worten folgendermafsen aussprechen läfst: *die von der Bewegung herrührende Verminderung der Kraft, mit welcher zwei elektrische Massen auf einander wirken würden, wenn sie nicht bewegt wären, ist dem Quadrate ihrer reducirten relativen Geschwindigkeit proportional.*

Die gegebenen Ausdrücke zur Bestimmung der Kraft, welche zwei elektrische Massen auf einander ausüben, haben nun schon ihre Bestätigung gefunden:

1) für das ganze Gebiet der Elektrostatik;
2) für dasjenige Gebiet der Elektrodynamik, welches die Kräfte unveränderlicher und unverrückter Stromelemente betrachtet;

es bleibt also

3) die Bestätigung derselben nur noch für alle diejenigen Gebiete der Elektrodynamik zu wünschen, die sich nicht blofs auf unveränderliche und unverrückte Stromelemente beschränken.

Theorie der Volta-Induction.

Es ist schon erwähnt worden, dafs das von Ampère aufgestellte Princip der Elektrodynamik sich nur auf den speciellen Fall bezieht, wo vier elektrische Massen unter den bei zwei unveränderlichen und unverrückten Stromelementen vorausgesetzten Verhältnissen sich befinden. Unter Verhältnissen, wo diese Voraussetzungen nicht stattfinden, könne nur das neue Grundprincip zur Vorausbestimmung der Kräfte und Erscheinungen Anwendung finden und es werde sich gerade hierdurch die durch die gröfsere Allgemeinheit des neuen Princips bedingte gröfsere Fruchtbarkeit desselben zeigen.

Der Fall der Unanwendbarkeit des von Ampère aufgestellten Princips der Elektrodynamik tritt also schon dann ein, wenn das eine Stromelement verrückt oder seine Stromintensität variirt wird, wozu noch kommen kann, dafs statt des anderen Stromelements blofs ein Element eines Stromleiters, jedoch ohne einen darin vorhandenen Strom, gegeben ist. Aus der Erfahrung weifs man zwar, dafs alsdann Ströme erregt oder *inducirt* werden, und man fafst die Erscheinungen dieser inducirten Ströme unter dem Namen der *Volta-Induction* zusammen; keine von allen diesen Erscheinungen hat sich aber weder aus dem Princip der Elektrostatik noch aus dem von Ampère aufgestellten Principe der Elektrodynamik voraussagen oder vorausbestimmen lassen. Dagegen soll nun gezeigt werden, dafs aus dem neuen Grundprincipe, wie dasselbe hier aufgestellt worden ist, auch die Gesetze zur Vorausbestimmung aller Erscheinungen der Volta-Induction abgeleitet werden können. Es ergiebt sich, dafs die so abgeleiteten Gesetze der Volta-Induction richtig sind, soweit als nur bestimmte Beobachtungen darüber vorliegen.

Zum Zwecke dieser Ableitung sollen die dabei in Betracht kommenden Gröfsen auf folgende Weise bezeichnet werden.

α und α' bezeichnen die Länge zweier Elemente, von

denen das erstere α *ruhend* angenommen wird. Diese Annahme beschränkt die Allgemeinheit der Betrachtung nicht, weil jede Bewegung des Elementes α auf α' übertragen werden kann, indem man ihr in α' die entgegengesetzte Richtung beilegt. In diesen beiden Elementen werden die vier folgenden elektrischen Massen unterschieden, nämlich:

$$+\alpha e, \quad -\alpha e, \quad +\alpha' e', \quad -\alpha' e'.$$

Die *erste* dieser Massen $+\alpha e$ bewege sich mit der Geschwindigkeit $+u$ in der Richtung des ruhenden Elements α, welche mit der von α nach α' gezogenen Geraden den Winkel Θ macht. Diese Geschwindigkeit ändere sich während des Zeitelements dt um $+du$.

Die *zweite* Masse $-\alpha e$ bewege sich, den für einen galvanischen Strom geltenden Bestimmungen gemäfs, in der nämlichen Richtung mit der Geschwindigkeit $-u$, das heifst rückwärts, und diese Geschwindigkeit ändere sich während des Zeitelements dt um $-du$.

Die *dritte* Masse $+\alpha' e'$ bewege sich mit der Geschwindigkeit $+u'$ in der Richtung des Elements α', welche mit der von α nach α' gezogenen und verlängerten Geraden den Winkel Θ' macht. Diese Geschwindigkeit ändere sich in dem Zeitelement dt um $+du'$. Aufserdem theile aber diese elektrische Masse die Bewegung des Elements α' selbst, welche mit der Geschwindigkeit v in einer Richtung geschieht, die mit der von α nach α' gezogenen, verlängerten Geraden den Winkel η macht, und in einer durch diese Gerade gelegten Ebene enthalten ist, welche mit der durch dieselbe Gerade parallel mit dem Elemente α gelegten Ebene den Winkel γ einschliefst. Die Geschwindigkeit v ändere sich während des Zeitelements dt um dv.

Die *vierte* Masse $-\alpha' e'$ bewege sich, den Bestimmungen eines galvanischen Stroms gemäfs, in der Richtung des Elements α' mit der Geschwindigkeit $-u'$, die sich in dem Zeitelement dt um $-du'$ ändert; theile aber aufserdem, wie die vorige Masse, die Geschwindigkeit v des Elements α' selbst in der schon bezeichneten Richtung.

Die Entfernungen der beiden ersteren Massen von den

beiden letzteren sind sämmtlich, in dem betrachteten Augenblicke, der Entfernung r der beiden Elemente selbst gleich; da sie aber nicht gleich bleiben, sollen sie mit r_1, r_2, r_3, r_4 bezeichnet werden.

Legt man endlich durch die von α nach α' gezogene Gerade zwei Ebenen, die eine mit α, die andere mit α' parallel, so bezeichne ω den von diesen beiden Ebenen eingeschlossenen Winkel.

Man erhält dann für die *Summe* der Kräfte, welche auf die *positive* und *negative* Elektricität im Elemente α' wirken, d. i. für die Kraft, welche das Element α' selbst bewegt, durch Anwendung des neuen Princips, folgenden Ausdruck:

$$-\frac{aa}{16}\cdot\frac{\alpha e\,.\,\alpha' e'}{rr}\left\{\left(\frac{dr_1^2}{dt^2}+\frac{dr_2^2}{dt^2}-\frac{dr_3^2}{dt^2}-\frac{dr_4^2}{dt^2}\right)\right.$$
$$\left.-2r\left(\frac{ddr_1}{dt^2}+\frac{ddr_2}{dt^2}-\frac{ddr_3}{dt^2}-\frac{ddr_4}{dt^2}\right)\right\}.$$

Für die *Differenz* jener Kräfte aber, von welcher die *Induction* abhängt, ergiebt sich folgender Ausdruck:

$$-\frac{aa}{16}\cdot\frac{\alpha e\,.\,\alpha' e'}{rr}\left\{\left(\frac{dr_1^2}{dt^2}-\frac{dr_2^2}{dt^2}+\frac{dr_3^2}{dt^2}-\frac{dr_4^2}{dt^2}\right)\right.$$
$$\left.-2r\left(\frac{ddr_1}{dt^2}-\frac{ddr_2}{dt^2}+\frac{ddr_3}{dt^2}-\frac{ddr_4}{dt^2}\right)\right\}.$$

Ferner findet man, wenn man aufser den Bewegungen der elektrischen Massen in ihren Leitern auch die ihnen mit ihren Leitern gemeinschaftlichen Bewegungen in Rechnung bringt, folgende Ausdrücke für die ersten Differentialcoëfficienten:

$$\frac{dr_1}{dt}=-u\cos\Theta+u'\cos\Theta'+v\cos\eta,$$
$$\frac{dr_2}{dt}=+u\cos\Theta-u'\cos\Theta'+v\cos\eta,$$
$$\frac{dr_3}{dt}=-u\cos\Theta-u'\cos\Theta'+v\cos\eta,$$
$$\frac{dr_4}{dt}=+u\cos\Theta+u'\cos\Theta'+v\cos\eta.$$

Es ist also:

$$\left(\frac{dr_1^2}{dt^2}+\frac{dr_2^2}{dt^2}-\frac{dr_3^2}{dt^2}-\frac{dr_4^2}{dt^2}\right)=-8uu'\cos\Theta\cos\Theta',$$
$$\left(\frac{dr_1^2}{dt^2}-\frac{dr_2^2}{dt^2}+\frac{dr_3^2}{dt^2}-\frac{dr_4^2}{dt^2}\right)=-8uv\cos\Theta\cos\eta.$$

Die zweiten Differentialcoëfficienten findet man, wenn man auch die Variabilität der Geschwindigkeit u, u', v mit berücksichtigt:

$$\frac{ddr_1}{dt^2} = + u \sin\Theta \frac{d\Theta_1}{dt} - u' \sin\Theta' \frac{d\Theta'_1}{dt} - v \sin\eta \frac{d\eta_1}{dt}$$
$$- \cos\Theta \frac{du}{dt} + \cos\Theta' \frac{du'}{dt} + \cos\eta \frac{dv}{dt},$$

$$\frac{ddr_2}{dt_2} = - u \sin\Theta \frac{d\Theta_2}{dt} + u' \sin\Theta' \frac{d\Theta'_2}{dt} - v \sin\eta \frac{d\eta_2}{dt}$$
$$+ \cos\Theta \frac{du}{dt} - \cos\Theta' \frac{du'}{dt} + \cos\eta \frac{dv}{dt},$$

$$\frac{ddr_3}{dt^2} = + u \sin\Theta \frac{d\Theta_3}{dt} + u' \sin\Theta' \frac{d\Theta'_3}{dt} - v \sin\eta \frac{d\eta_3}{dt}$$
$$- \cos\Theta \frac{du}{dt} - \cos\Theta' \frac{du'}{dt} + \cos\eta \frac{dv}{dt},$$

$$\frac{ddr_4}{dt^2} = - u \sin\Theta \frac{d\Theta_4}{dt} - u' \sin\Theta' \frac{d\Theta'_4}{dt} - v \sin\eta \frac{d\eta_4}{dt}$$
$$+ \cos\Theta \frac{du}{dt} + \cos\Theta' \frac{du'}{dt} + \cos\eta \frac{dv}{dt}.$$

Es ist folglich;

$$\left(\frac{ddr_1}{dt^2} + \frac{ddr_2}{dt^2} - \frac{ddr_3}{dt^2} - \frac{ddr_4}{dt^2}\right) = + u \sin\Theta \left(\frac{d\Theta_1}{dt} - \frac{d\Theta_2}{dt} - \frac{d\Theta_3}{dt} - \frac{d\Theta_4}{dt}\right)$$
$$- u' \sin\Theta' \left(\frac{d\Theta'_1}{dt} - \frac{d\Theta'_2}{dt} + \frac{d\Theta'_3}{dt} - \frac{d\Theta'_4}{dt}\right)$$
$$- v \sin\eta \left(\frac{d\eta_1}{dt} + \frac{d\eta_2}{dt} - \frac{d\eta_3}{dt} - \frac{d\eta_4}{dt}\right)$$

und

$$\left(\frac{ddr_1}{dt^2} - \frac{ddr_2}{dt^2} + \frac{ddr_3}{dt^2} - \frac{ddr_4}{dt^2}\right) = + u \sin\Theta \left(\frac{d\Theta_1}{dt} + \frac{d\Theta_2}{dt} + \frac{d\Theta_3}{dt} + \frac{d\Theta_4}{dt}\right)$$
$$- u' \sin\Theta' \left(\frac{d\Theta'_1}{dt} + \frac{d\Theta'_2}{dt} - \frac{d\Theta'_3}{dt} - \frac{d\Theta'_4}{dt}\right)$$
$$- v \sin\eta \left(\frac{d\eta_1}{dt} - \frac{d\eta_2}{dt} + \frac{d\eta_3}{dt} - \frac{d\eta_4}{dt}\right)$$
$$- 4 \cos\Theta \, . \, \frac{du}{dt}.$$

Die Differentialcoëfficienten $\frac{d\Theta_1}{dt}$, $\frac{d\Theta'_1}{dt}$, $\frac{d\eta_1}{dt}$ u.s.w. werden leicht nach bekannten trigonometrischen Sätzen entwickelt und es ergeben sich daraus folgende Ausdrücke für dieselben, nämlich:

$$r_1 \frac{d\Theta_1}{dt} = + u \sin\Theta - u' \sin\Theta' \cos\omega - v \sin\eta \cos\gamma,$$

$$r_1 \frac{d\Theta'_1}{dt} = - u' \sin\Theta' + u \sin\Theta \cos\omega - v \sin\eta \cos(\omega+\gamma),$$

$$r_1 \frac{d\eta_1}{dt} = - v \sin\eta + u \sin\Theta \cos\gamma - u' \sin\Theta' \cos(\omega+\gamma),$$

$$r_2 \frac{d\Theta_2}{dt} = - u \sin\Theta + u' \sin\Theta' \cos\omega - v \sin\eta \cos\gamma,$$

$$r_2 \frac{d\Theta'_2}{dt} = + u' \sin\Theta' - u \sin\Theta \cos\omega - v \sin\eta \cos(\omega+\gamma),$$

$$r_2 \frac{d\eta_2}{dt} = - v \sin\eta - u \sin\Theta \cos\gamma + u' \sin\Theta' \cos(\omega+\gamma),$$

$$r_3 \frac{d\Theta_3}{dt} = + u \sin\Theta + u' \sin\Theta' \cos\omega - v \sin\eta \cos\gamma,$$

$$r_3 \frac{d\Theta'_3}{dt} = + u' \sin\Theta' + u \sin\Theta \cos\omega - v \sin\eta \cos(\omega+\gamma),$$

$$r_3 \frac{d\eta_3}{dt} = - v \sin\eta + u \sin\Theta \cos\gamma + u' \sin\Theta' \cos(\omega+\gamma),$$

$$r_4 \frac{d\Theta_4}{dt} = - u \sin\Theta - u' \sin\Theta' \cos\omega - v \sin\eta \cos\gamma.$$

$$r_4 \frac{d\Theta'_4}{dt} = - u' \sin\Theta' - u \sin\Theta \cos\omega - v \sin\eta \cos(\omega+\gamma),$$

$$r_4 \frac{d\eta_4}{dt} = - v \sin\eta - u \sin\Theta \cos\gamma - u' \sin\Theta' \cos(\omega+\gamma).$$

Da nun für den betrachteten Augenblick $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r$ ist, so erhält man hieraus:

$$r\left(\frac{d\Theta_1}{dt} - \frac{d\Theta_2}{dt} - \frac{d\Theta_3}{dt} + \frac{d\Theta_4}{dt}\right) = - 4u' \sin\Theta' \cos\omega,$$

$$r\left(\frac{d\Theta_1}{dt} + \frac{d\Theta_2}{dt} + \frac{d\Theta_3}{dt} + \frac{d\Theta_4}{dt}\right) = - 4v \sin\eta \cos\gamma;$$

ferner:

$$r\left(\frac{d\Theta'_1}{dt} - \frac{d\Theta'_2}{dt} + \frac{d\Theta'_3}{dt} - \frac{d\Theta'_4}{dt}\right) = + 4u \sin\Theta \cos\omega,$$

$$r\left(\frac{d\Theta'_1}{dt} + \frac{d\Theta'_2}{dt} - \frac{d\Theta'_3}{dt} - \frac{d\Theta'_4}{dt}\right) = 0;$$

endlich:

$$r\left(\frac{d\eta_1}{dt} + \frac{d\eta_2}{dt} - \frac{d\eta_3}{dt} - \frac{d\eta_4}{dt}\right) = 0,$$

$$r\left(\frac{d\eta_1}{dt} - \frac{d\eta_2}{dt} + \frac{d\eta_3}{dt} - \frac{d\eta_4}{dt}\right) = + 4u \sin\Theta \cos\gamma.$$

Substituirt man diese Werthe, so erhält man:

$$r\left(\frac{ddr_1}{dt^2}+\frac{ddr_2}{dt^2}-\frac{ddr_3}{dt^2}-\frac{ddr_4}{dt_2}\right)=-8uu'\sin\Theta\sin\Theta'\cos\omega,$$

$$r\left(\frac{ddr_1}{dt^2}-\frac{ddr_2}{dt^2}+\frac{ddr_3}{dt^2}-\frac{ddr_4}{dt^2}\right)=-8uv\sin\Theta\sin\eta\cos\gamma,$$

$$-4r\cos\Theta\,.\,\frac{du}{dt}.$$

Mit diesen Werthen ergiebt sich nun die *Summe* der Kräfte, welche auf die *positive* und *negative* Elektricität im Elemente α' wirken,

$$=-\frac{\alpha\alpha'}{rr}\,.\,aeu\,.\,a'e'u'\,(\sin\Theta\sin\Theta'\cos\omega-\tfrac{1}{2}\cos\Theta\cos\Theta'\eta.)$$

Bezeichnet man hierin mit ε den Winkel, welchen die Richtungen der beiden Elemente α und α' mit einander einschliefsen und setzt nach S. 221 i und i' an die Stelle von aeu und $a'e'u'$, so erhält man obige Summe nach einer leichten Umwandlung:

$$=-\frac{\alpha\alpha'\,ii'}{rr}(\cos\varepsilon-\tfrac{3}{2}\cos\Theta\cos\Theta'),$$

den nämlichen Ausdruck, welchen Ampère für unveränderliche und unverrückte Stromelemente aufgestellt hat, d. h. die auf das ganze Element α' wirkende elektrodynamische Kraft wird bei bewegten Leitern und veränderlichen Stromintensitäten eben so bestimmt, wie wenn die Stromintensitäten unveränderlich und die Leiter unverrückt beharren. Das Ampère'sche Gesetz findet also hiernach zur Bestimmung der Kräfte, welche auf die ganzen Stromelemente bei gegebener Lage der Stromelemente und gegebenen Stromintensitäten wirken, allgemeine Anwendung. Nur erfordert die Anwendung dieses Gesetzes, dafs die Stromintensitäten, wenn sie veränderlich sind, ebenso wie die Lage, wenn sie veränderlich ist, *für jeden einzelnen Augenblick* gegeben seyen, und zwar die Stromintensitäten mit Einschlufs des in Folge der *Induction* in jedem Augenblicke hinzukommenden Theiles.

Was aber die *Differenz* der Kräfte betrifft, welche auf die *positive* und *negative* Elektricität im Element α' wirken, wodurch diese beiden Elektricitäten von einander geschieden und im Leiter nach entgegengesetzten Seiten bewegt werden, so ergiebt sich nun dieselbe:

$$= -\frac{\alpha\alpha'}{rr} \cdot aeu \cdot ae'v \, (\sin\Theta \sin\eta \cos\gamma - \tfrac{1}{2}\cos\Theta\cos\eta)$$
$$- \tfrac{1}{2}\frac{\alpha\alpha'}{r} aaee' \cos\Theta \cdot \frac{du}{dt},$$

oder, weil $aeu = i$ und $ae \cdot du = di$ ist,

$$= -\frac{\alpha\alpha'}{rr} i \, (\sin\Theta \sin\eta \cos\gamma - \tfrac{1}{2}\cos\Theta\cos\eta) \cdot ae'v - \tfrac{1}{2}\frac{\alpha\alpha'}{r} ae' \cdot \cos\Theta \cdot \frac{di}{dt}.$$

Die hierdurch bestimmte Kraft sucht nun die *positive* und *negative* Elektricität im inducirten Elemente α' nach der Richtung der Geraden r zu scheiden. In dieser Richtung kann aber bei einem linearen Leiter die Scheidung nicht erfolgen, sondern nur in der Richtung des inducirten linearen Elements α' selbst, die mit der verlängerten Geraden r den Winkel Θ' macht. Zerlegt man also jene ganze Scheidungskraft nach dieser Richtung, d. h. multiplicirt man obigen Werth mit $\cos\Theta'$, so erhält man die Kraft, welche die wirkliche Scheidung bewirkt,

$$= -\frac{\alpha\alpha'}{rr} i \, (\sin\Theta \sin\eta \cos\gamma - \tfrac{1}{2}\cos\Theta\cos\eta) \cdot ae'v \cos\Theta'$$
$$- \tfrac{1}{2}\frac{\alpha\alpha'}{r} ae' \cdot \cos\Theta \cos\Theta' \cdot \frac{di}{dt}.$$

Dieser Ausdruck, mit e' dividirt, giebt die vom inducirenden Elemente α auf das inducirte Element α' ausgeübte *elektromotorische* Kraft, im gewöhnlichen Sinne,

$$= -\frac{\alpha\alpha'}{rr} i \, (\sin\Theta \sin\eta \cos\gamma - \tfrac{1}{2}\cos\Theta\cos\eta) \cdot av \cos\Theta'$$
$$- \tfrac{1}{2}\frac{\alpha\alpha'}{r} a \cos\Theta \cos\Theta' \cdot \frac{di}{dt}.$$

Diefs ist also das *allgemeine Gesetz der Volta-Induction, wie dasselbe durch Ableitung aus dem neu aufgestellten Grundprincipe der Elektricitätslehre sich von selbst ergiebt.*

Setzt man nun *erstens* den Fall, *dafs keine Aenderung der Stromintensität stattfinde,* also:

$$\frac{di}{dt} = 0$$

sey, so findet sich das *Gesetz der Induction eines constanten Stromelements auf das dagegen bewegte Element eines Leiters;* es ergiebt sich nämlich dafür die *elektromotorische* Kraft:

$$= -\frac{\alpha\alpha'}{rr}\,i\,(\sin\Theta\,\sin\eta\,\cos\gamma - \tfrac{1}{2}\cos\Theta\,\cos\eta)\,.\,av\,\cos\Theta',$$

oder, wenn man mit ε den Winkel bezeichnet, welchen die Richtung des inducirenden Stromelements mit der Richtung, nach welcher das inducirte Element selbst bewegt wird, einschliefst, nach einer leicht zu machenden Transformation,

$$= -\frac{\alpha\alpha'}{rr}\,i\,(\cos\varepsilon - \tfrac{3}{2}\cos\Theta\,\cos\eta)\,.\,av\,\cos\Theta'.$$

Je nachdem nun dieser Ausdruck einen *positiven* oder *negativen* Werth hat, ist der inducirte Strom *positiv* oder *negativ*, wo unter positivem Strome ein solcher verstanden wird, dessen positive Elektricität in derjenigen Richtung des Elements α' sich bewegt, welche mit der verlängerten Geraden r den Winkel Θ' einschliefst.

Sind nun z. B. die Elemente α und α' einander parallel, und ist die Richtung, nach welcher das letztere mit der Geschwindigkeit v bewegt wird, in der Ebene jener beiden Parallelen enthalten und auf deren Richtung senkrecht, so ist, *wenn* α' *durch seine Bewegung von* α *sich entfernt*,

$$\Theta = \Theta',\ \cos\eta = \sin\Theta,\ \cos\varepsilon = 0,$$

folglich die *elektromotorische* Kraft:

$$= +\tfrac{3}{2}\frac{\alpha\alpha'}{rr}\,i\,\sin\Theta\,\cos\Theta^2\,.\,av.$$

Dieser Werth ist immer *positiv*, weil $\Theta < 180^\circ$ zu nehmen ist, und dieser *positive* Werth bezeichnet hier einen inducirten Strom von gleicher Richtung wie der inducirende, übereinstimmend mit dem, was die Erfahrung für diesen Fall ergeben hat.

Unter gleichen Verhältnissen, blofs mit dem Unterschiede, dafs *das Element* α' *durch seine Bewegung dem Elemente* α *genähert wird*, ergiebt sich:

$$\Theta = \Theta',\ \cos\eta = -\sin\Theta,\ \cos\varepsilon = 0,$$

folglich die *elektromotorische* Kraft:

$$= -\tfrac{3}{2}\frac{\alpha\alpha'}{rr}\,i\,\sin\Theta\,\cos\Theta^2\,.\,av.$$

Der *negative* Werth dieser Kraft bezeichnet einen inducirten Strom von entgegengesetzter Richtung, wie der induci-

rende, ebenfalls übereinstimmend mit dem, was die Erfahrung für diesen Fall ergeben hat.

Die *Volta-Induction* kann bekanntlich auf zwei wesentlich verschiedene Arten hervorgebracht werden: es können nämlich Ströme inducirt werden durch *constante* Ströme und durch *veränderliche*. Durch *constante* Ströme wird inducirt, entweder wenn der Leiter, durch welchen der Strom geht, gegen denjenigen Leiter bewegt wird, in welchem ein Strom inducirt werden soll, oder umgekehrt. Durch *veränderliche* Ströme kann inducirt werden, auch wenn der Leiter, durch welchen der veränderliche Strom geht, gegen denjenigen Leiter, in welchem ein Strom inducirt werden soll, unverrückt bleibt.

So wie nun aus dem oben abgeleiteten *allgemeinen Gesetze der Volta-Induction* das besondere Gesetz für die erstere Art durch die Bedingungsgleichung

$$\frac{di}{dt} = 0$$

sich von selbst ergab, so ergiebt sich daraus eben so auch das besondere Gesetz für die letztere Art der Volta-Induction durch die Bedingungsgleichung

$$v = 0.$$

Setzt man also *zweitens* diesen Fall, *wo keine Bewegung der Leiter gegeneinander stattfindet*, oder

$$v = 0$$

ist, so ergiebt sich *das Gesetz der Induction eines veränderlichen Stroms auf das dagegen nicht bewegte Element eines Leiters*, oder der Werth der *elektromotorischen* Kraft:

$$= -\tfrac{1}{2}\frac{\alpha\alpha'}{r} a \cos\Theta \cos\Theta' \,.\, \frac{di}{dt}.$$

Die Induction während des Zeitelements dt, d. h. das Product dieses Zeitelements in die wirkende elektromotorische Kraft, ist also:

$$= -\frac{a}{2} \,.\, \frac{\alpha\alpha'}{r} \cos\Theta \cos\Theta' \,.\, di,$$

folglich die Induction für irgend einen Zeitraum, in welchem die Intensität des inducirenden Stroms um i zunimmt, während r, Θ und Θ' unverändert bleiben,

$$= - \frac{a}{2} \cdot \frac{\alpha\alpha'}{r} i \cos\Theta \cos\Theta'.$$

Der *positive* Werth dieses Ausdrucks bezeichnet einen im Elemente α' inducirten Strom nach der Richtung von α', welche mit der verlängerten Geraden r den Winkel Θ' macht, der *negative* Werth einen inducirten Strom von der entgegengesetzten Richtung.

Wenn die beiden Elemente α und α' einander parallel sind, und $\Theta = \Theta'$ so hat obiger Ausdruck für *wachsende* Stromintensität, oder für einen positiven Werth von i, einen *negativen* Werth, d. h. bei wachsender Stromintensität in α wird in α' ein Strom in entgegengesetzter Richtung erregt, als der inducirende Strom hat. Das Umgekehrte findet bei abnehmender Stromintensität statt. Beide Resultate stimmen mit bekannten Thatsachen überein. Auch die Proportionalität der Induction mit der Intensitätsänderung i des inducirenden Stroms ist der Erfahrung gemäſs.

Geht man nun endlich von der Betrachtung dieser beiden besonderen Arten der *Volta-Induction* wieder auf den allgemeinen Fall zurück, wo zugleich die Intensität des inducirenden Stroms veränderlich ist und auch die beiden Leiter gegen einander bewegt werden, so ergiebt sich die *elektromotorische* Kraft eines *variablen* Stromelements auf das *bewegte* Element eines Leiters einfach als die *Summe der elektromotorischen Kräfte*, welche stattfinden würde:

1) wenn das Element des Leiters in dem betrachteten Augenblicke *nicht bewegt* würde;
2) wenn das Element des Leiters zwar bewegt würde, aber die *Stromintensität* des inducirenden Elements in dem betrachteten Augenblicke sich *nicht* änderte.

II.

II. *Ueber die Erregung und Wirkung des Diamagnetismus nach den Gesetzen inducirter Ströme; von Wilhelm Weber.*

(Aus den Berichten über die Verhandl. der K. sächs. Gesellschaft der Wissenschaft. zu Leipzig, Sitzung vom 28. Aug. 1847, nebst einigen Zusätzen vom Verf.)

Die zuerst von Brugmans im Jahre 1778 beobachtete Abstofsung des Wismuths durch einen Magnet ist fast unbeachtet geblieben, bis Faraday sie von Neuem entdeckte und genauer untersuchte, und dadurch den Grund zu der neuen Lehre vom *Diamagnetismus* legte, deren weitere Ausbildung eine wichtige physikalische Aufgabe geworden ist. Zur Lösung dieser Aufgabe läfst sich nun, bei der Kleinheit der diamagnetischen Kräfte der Körper, auch wenn sehr grofse Elektromagnete darauf wirken, von feineren Maafsbestimmungen nur wenig erwarten, und es ist daher mehr zu hoffen die Natur des Diamagnetismus aus *verschiedenen Modificationen* seiner Wirkungen kennen zu lernen, deren Entdeckung auch bei kleineren Kräften möglich ist. Die folgenden Versuche haben den Zweck, aus einigen besonderen Modificationen der diamagnetischen Wirkungen eine schon von Faraday zur Erklärung der diamagnetischen Erscheinungen aufgestellte Annahme sicherer und schärfer zu begründen, und sodann diese zur Erklärung der diamagnetischen Erscheinungen nöthige Annahme selbst wieder aus bekannten Gesetzen abzuleiten.

Das diamagnetische Wismuth stöfst sowohl den Nordpol wie den Südpol eines Magnets ab, und wird von ihnen abgestofsen. Diese *indifferente* Abstofsung entgegengesetzter Pole dürfte wenig auffällig erscheinen, wenn man den Grund der magnetischen Kraft in den unveränderlichen metallischen Theilchen des Wismuths selbst sucht; denn wir

sind gewohnt von den ponderabeln Körpern überhaupt anzunehmen, dafs sie den Bewegungen sowohl der beiden entgegengesetzten magnetischen Fluida als auch der beiden elektrischen ohne Unterschied gleichen Widerstand leisten. Mehr als diese indifferente Wirkung dürfte aber die Wirkung *in die Ferne* auffallen, wenn man annimmt, dafs die diamagnetische Kraft in den unveränderlichen metallischen Theilchen des Wismuths selbst ihren Grund habe, weil es der erste Fall wäre, wo die Wirkung eines ponderabeln Körpers auf einen imponderabeln *in die Ferne* beobachtet würde. Es scheint daher vor Allem wichtig die Frage zu entscheiden, ob der Grund der in die Ferne wirkenden diamagnetischen Kraft in dem unveränderlichen ponderabeln Bestandtheile der Körper enthalten sey, oder ob sie von einem *imponderabeln Bestandtheile* ausgehe und an eine gewisse *Vertheilung* desselben geknüpft sey.

Zur Entscheidung dieser Frage ist nun der von Herrn Reich angestellllte, im 7. Hefte dieser Berichte, S. 252 [1]), beschriebene Versuch von besonderer Wichtigkeit, wonach Nordpol und Südpol, wenn sie zugleich von derselben Seite her auf ein Stück Wismuth wirken, keineswegs dasselbe mit der Summe der Kräfte abstofsen, welche sie einzeln ausüben würden, sondern vielmehr nur mit der Differenz dieser Kräfte.

Aus diesem einzigen Versuche dürfte schon mit gröfster Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, dafs der Grund der diamagnetischen Kraft nicht in den unveränderlichen metallischen Wismuththeilchen, sondern in einem zwischen ihnen beweglichen imponderabeln Bestandtheile zu suchen sey, welcher bei Annäherung eines Magnetpols verschoben und nach Verschiedenheit dieses Poles verschieden vertheilt wird. Der Grund der diamagnetischen Kraft wird hiedurch, statt in eine Wechselwirkung ponderabler und imponderabler Körper in die Ferne, vielmehr in eine solche Wechselwirkung zweier imponderabeln Körper gesetzt, und die gleiche Wirkung auf entgegengesetzte Pole erklärt sich dann aus der verschiedenen Vertheilung jenes imponderabeln Be-

1) S. 60 des vorigen Hefts dieser Annalen.

standtheils im Wismuth, welche durch den Gegensatz der Pole hervorgebracht wird. Die gleichzeitige Annäherung zweier entgegengesetzten Pole von derselben Seite her mufs aber bewirken, dafs der imponderable Bestandtheil im Wismuth weder die eine noch die andere Vertheilung annehmen kann, an welche das Hervortreten der diamagnetischen Kraft geknüpft ist, woraus sich das Verschwinden der diamagnetischen Kraft in diesem Falle von selbst ergiebt.

Fragt man nun aber weiter, was das für ein imponderabler Bestandtheil sey, welcher sich im Wismuth durch Annäherung eines Nordpols oder Südpols auf so verschiedene Weise vertheile, und dann bei dieser Vertheilung stets mit einer abstofsenden Kraft auf den genäherten Pol zurückwirke, so bieten sich nur entweder die beiden magnetischen Fluida selbst, oder die beiden elektrischen Fluida in der Form von Molecularströmen dar. Jedenfalls müfste, um eine andere Annahme als zulässig erscheinen zu lassen, die Unmöglichkeit dargethan seyn, durch das an bekannte Gesetze geknüpfte Verhalten der genannten Imponderabilien die fraglichen Erscheinungen zu erklären.

Hiernach ersieht man, dafs der von Reich gemachte Versuch benutzt werden kann, um eine schon von Faraday (Poggendorff's Annalen, Bd. 70, S. 48, Art. 2429, 2430) aufgestellte Ansicht fester zu begründen. Faraday sagt nämlich daselbst: »Eine Erklärung der Bewegungen diamagnetischer Körper und all der dynamischen Erscheinungen, die aus der Wirkung der Magnete auf sie entspringen, möchte sich in der Annahme darbieten, dafs die magnetische Induction in ihnen einen entgegengesetzten Zustand hervorruft, wie er in magnetischen Körpern erzeugt wird, d. h. dafs, wenn man von jeder Körperart ein Theilchen in das magnetische Feld brächte, beide magnetisch würden, und jedes seine Axe parallel der durch sie hingehenden magnetischen Resultante stellte, doch mit dem Unterschiede, dafs die Theilchen des magnetischen Körpers ihre Nord- und Südpole den entgegengesetzten Polen des inducirenden Magneten zuwendeten, die Theilchen des

diamagnetischen aber es umgekehrt machten. Daraus würde denn eine Näherung des einen Körpers und ein Zurückweichen des andern erfolgen.«

»Nach Ampère's Theorie würde diese Annahme damit übereinkommen, dafs, während in Eisen und dergleichen magnetischen Körpern Ströme parallel mit den im inducirenden Magnet oder galvanischen Apparat vorhandenen inducirt werden, im Wismuth, schwerem Glase und den übrigen diamagnetischen Körpern Ströme von entgegengesetzter Richtung aufträten. Diefs würde den Strömen in diamagnetischen Körpern gleiche Richtung geben mit denen, welche zu *Anfange* des inducirenden Stroms in diamagnetischen Leitern inducirt werden, und den in magnetischen Körpern gleiche mit denen, welche beim *Aufhören* desselben inducirenden Stroms entstehen. Hinsichtlich nicht-leitender magnetischer und diamagnetischer Substanzen würde keine Schwierigkeit entspringen, weil die hypothetischen Ströme nicht in der Masse, sondern rings um die Theilchen der Substanz angenommen werden.«

Diese scharfsinnige, von Faraday zuerst aufgestellte Annahme, welche durch Reich's Versuche gröfsere Wahrscheinlichkeit gewonnen hat, soll nun durch die folgenden Versuche einer noch directeren Prüfung unterworfen werden, die kaum noch einen Zweifel an der Richtigkeit übrig lassen dürften.

Alle bisher beobachteten diamagnetischen Kräfte wirkten abstofsend, nie anziehend; aus der von Faraday aufgestellten Annahme folgt aber, dafs auch diamagnetische Kräfte vorkommen müssen, welche *anziehend* auf einen Magnetpol wirken, und es lassen sich solche Fälle leicht näher bestimmen und an der Erfahrung prüfen.

Zu diesem Zwecke darf man aber nicht diejenige Kraft beobachten, welche das diamagnetische Wismuth auf denjenigen Magnetpol ausübt, von welchem es selbst diamagnetisirt worden ist, sondern man mufs solche Kräfte beobten, welche jenes Wismuth auf andere Magnetpole in der Ferne ausübt, welche keinen Einflufs auf seinen diamagnetischen Zustand haben.

Stelle ich nun ein Stück Wismuth in der Ebene auf, welche eine symmetrisch magnetisirte, an einem Coconfaden aufgehangene kleine Magnetnadel rechtwinklicht halbirt, so leuchtet ein, dafs die Pole der kleinen Nadel auf den diamagnetischen Zustand des entfernten Wismuthstücks, nach Reich's Erfahrung, gar keinen oder wenigstens keinen merklichen Einflufs haben werden. In der That kann man sich auch durch den Augenschein leicht überzeugen, dafs die Nadel durch das Wismuth nicht die geringste Ablenkung erleidet.

Stellt man aber einen starken Hufeisenmagnet so auf, dafs der Ort, welchen vorher das Wismuthstück einnahm, in dem freien Raum zwischen seinen beiden Polen liegt, und giebt dabei dem Magnete eine solche Stellung, dafs seine magnetische Axe verlängert die Nadel halbirt, so wird dieser starke Magnet ein sehr grofses Drehungsmoment auf die Nadel ausüben. Compensirt man aber dieses vom Hufeisenmagnet auf die Nadel ausgeübte Drehungsmoment durch ein anderes gleich grofses, aber entgegengesetztes Drehungsmoment eines der Nadel von der entgegengesetzten Seite genäherten Stabmagnets, so kann man bewirken, dafs die Nadel ihren ursprünglichen Stand und ihre ursprüngliche Schwingungsdauer (Empfindlichkeit) wieder erhält, und dafs es in Beziehung auf die Nadel so gut ist, wie wenn gar kein Magnet auf sie wirkte.

Bringt man nun nach diesen Vorbereitungen dasselbe Stück Wismuth, welches früher auf die Nadel gar nicht wirkte, an die nämliche Stelle wie früher, d. i. zwischen die beiden Pole des Hufeisenmagnets, so zeigt sich nun eine sehr wahrnehmbare und mefsbare Wirkung, nämlich eine Ablenkung der Nadel in Folge davon, dafs der eine Pol abgestofsen, der andere angezogen wird.

Kehrt man die Pole der Magnete, deren Wirkungen auf die Nadel sich compensiren, um, und wiederholt dann den Versuch, so findet man, dafs das nämliche Stück Wismuth, an die nämliche Stelle und in die nämliche Lage gebracht, jetzt gerade die entgegengesetzte Ablenkung hervorbringt.

Vertauscht man endlich das Stück Wismuth mit Eisen,

so findet man, dafs die von ersterem hervorgebrachte Ablenkung der von dem letzteren hervorgebrachten entgegengesetzt ist.

Es lassen sich diese Versuche mehrfach abändern, wobei jedoch immer die Kraft des Wismuths an andern Magnetpolen als dem, welcher den diamagnetischen Zustand des Wismuths bestimmt, beobachtet wird; überall bestätigt sich der Satz, dafs Wismuth auf solche Pole stets entgegengesetzt wie Eisen an seiner Stelle wirkt, dafs es also abstöfst, wo das Eisen anzieht, und anzieht wo das Eisen abstöfst, kurz dafs an andern Magnetpolen als dem, welches das Wismuth diamagnetisirt, eben so häufig anziehende wie abstofsende Kräfte des Wismuths beobachtet werden. Wurde z. B. das eine Ende des Wismuthstabs an das Nordende eines starken Magnets gebracht, während sein anderes Ende dem Nordende der Magnetnadel genähert wurde, so wurde letzteres angezogen; wurde aber dasselbe Ende des Wismuthstabs an das Südende des starken Magnets gebracht, so wurde das Nordende der Magnetnadel von dem andern ihm genäherten Ende des Wismuthstabs abgestofsen.

Hierdurch kann nun die Faraday'sche Annahme als bewiesen betrachtet werden, wenigstens in sofern, als sie den Grund der diamagnetischen Kraft nicht in die unveränderlichen metallischen Wismuththeilchen selbst, sondern in eine veränderliche Vertheilung setzt, welche im Wismuth stattfindet und auf andere Magnete gleich einer bestimmten Vertheilung magnetischer Fluida wirkt.

Um endlich auch jeden Zweifel darüber zu beseitigen, dafs es wirklich nichts Anderes sey, als entweder die magnetischen Fluida oder ihnen aequivalente Ampère'sche Ströme, welche jener veränderlichen Vertheilung im Wismuth unterworfen seyen, kann noch verlangt werden, dafs durch Versuche nicht blofs die mit dem *Vorhandenseyn* des diamagnetischen und eines gewissen magnetischen Zustands verbundenen Wirkungen, sondern dafs auch die mit der *Entstehung* beider Zustände verknüpften Wirkungen gleich befunden würden.

Es ist bekannt, dafs nach den Gesetzen der von Faraday entdeckten Induction die Bewegung der magnetischen Fluida in einem Körper, oder die Drehung der Ampère'schen Molecularströme, mit einer elektrischen Wirkung in die Ferne auf benachbarte Leiter verbunden ist, wodurch in letzteren ein elektrischer Strom erregt oder inducirt wird.

Sind daher wirklich in den diamagnetischen Körpern die beiden magnetischen Fluida oder ihnen aequivalente Ampère'sche Ströme vorhanden, welche unter dem Einflusse eines starken Magnets bewegt oder gedreht werden, so müfste auch von ihnen, in dem Augenblicke, wo diese Aenderung vor sich ginge, ein elektrischer Strom in einem benachbarten Leiter inducirt werden.

Um nun diesen inducirten Strom für sich zu beobachten, ist es nöthig, dafs in demselben Leiter kein anderer Strom z. B. von dem starken Magnet inducirt werde, dem der Wismuthstab genähert wird. Zu diesem Zwecke ist also die Kraft dieses Magnets während der Versuche unverändert zu erhalten, was bei einem Elektromagnet einen unveränderlichen galvanischen Strom voraussetzt. Andererseits mufs auch der Leiter, auf welchen vom Wismuth gewirkt werden soll, eine feste unveränderliche Stellung gegen jenen Magneten erhalten, wobei er ringförmig den Raum umschliefst, in welchen der Wismuthstab gebracht werden soll, um durch den Einflufs des Magneten die diamagnetische Vertheilung in ihm hervorzubringen. Dafs endlich der vom Wismuth inducirte Strom beobachtet werden könne, wenn man die beiden Enden obigen ringförmigen Leiters fortführt und mit den Enden des Multiplicators eines empfindlichen Galvanometers verbindet, bedarf keiner weiteren Erörterung.

Was aber die Stärke dieses vom Wismuthstab inducirten Stroms betrifft, so läfst sich leicht im Voraus überschlagen, wie gering sie seyn werde, wenn man beachtet, wie klein die diamagnetischen Kräfte im Vergleich zu den magnetischen Kräften des Eisens sind, welches an die Stelle

des Wismuths gesetzt wird. Es ergiebt sich bei näherer Prüfung, dafs der inducirte Strom so schwach seyn müsse, dafs er nicht mehr beobachtet werden könne, wenn nicht alle Umstände zu diesem Zwecke auf das Günstigste zusammenwirken.

Zur Erreichung dieses Zweckes, nämlich *galvanische Ströme durch Diamagnetisirung des Wismuths in einen benachbarten Leiter zu induciren, und so inducirte Ströme wirklich zu beobachten*, wurden nun folgende Einrichtungen getroffen.

Ein mit dickem Kupferdrahte mehrfach umwundener 600 Millimeter langer Eisenkern diente als Elektromagnet. Auf die kreisförmige Endfläche von 50 Millimeter Durchmesser dieses Eisenkernes wurde der ringförmige Leiter befestigt, welcher aus einem auf hölzerne Rolle gewickelten, 300 Meter langen, $\frac{2}{3}$ Millimeter dicken, umsponnenen Kupferdrahte bestand. Der von diesem ringförmigen Leiter eingeschlossene Raum, in welchen der Wismuthstab gebracht werden sollte, war 140 Millim. lang und 15 Millim. weit; der Stab von reinem präcipitirten Wismuthe war etwas dünner. Die Enden des ringförmigen Leiters wurden zu einem Commutator geführt, zu dem auch die Enden des Multiplicators eines sehr empfindlichen Galvanometers führten, dessen Magnetnadel mit Spiegel versehen war, in welchem durch ein darauf gerichtetes Fernrohr das Bild einer entfernten Scale beobachtet wurde. Das Galvanometer war aufserdem mit einem so starken Dämpfer versehen, dafs von einer Schwingung der Nadel kaum etwas bemerkt werden konnte.

Während nun ein möglichst starker und constanter galvanischer Strom durch den dicken Draht des Elektromagneten ging, wurde der im ringförmigen Leiter befindliche Wismuthstab herausgezogen; darauf wurde der Commutator gewechselt und der Wismuthstab wieder hineingeschoben; hierauf wurde der Commutator wieder gewechselt und der Wismuthstab herausgezogen u. s. f. Während dieser, etwa 1 Minute lang fortgesetzten Versuche wurde der Stand des Galvanometers etwa von 10 zu 10 Sec. abgelesen.

Darauf folgte eine zweite Reihe, blofs mit dem Unterschiede, dafs der Commutator beim Herausziehen des Wismuthstabes diejenige Stellung erhielt, welche er in der ersten beim Hineinschieben des Wismuthstabs gehabt hatte, und umgekehrt.

Die dritte Reihe war dann eine genaue Wiederholung der ersten u. s. f.

Vor dem Beginn jeder Reihe wurde der Galvanometerstand beobachtet, jedoch ohne abzuwarten bis derselbe ganz zur Ruhe gekommen wäre. Jede Reihe wurde mit Herausziehen des Wismuthstabs begonnen.

In der folgenden Tafel sind die sämmtlichen am Galvanometer gemachten Ablesungen zusammengestellt. Die verschiedenen Reihen sind durch römische Ziffern, die beiden Commutatorstände, welche in verschiedenen Reihen beim Herausziehen des Wismuthstabs stattfanden, sind in der Ueberschrift durch *A* und *B* unterschieden. Aufserdem ist in der Ueberschrift der vor Beginn jeder Reihe abgelesene Galvanometerstand bemerkt.

I. *A.* 512,3	II. *B.* 517,4	III. *A.* 515,9	IV. *B.* 517,2	V. *A.* 517,0	VI. *B.* 523,0	VII. *A.* 524,7
513,3	513,0	519,5	517,1	518,2	522,0	526,0
514,1	512,9	520,7	517,5	518,7	519,0	528,0
514,5	512,8	519,1	516,2	525,0	518,5	530,0
515,3	514,2	519,2	516,7	525,1	519,0	530,7
515,6	515,2	518,3	517,7	523,0	521,0	530,0
516,7	516,0	515,5	—	—	—	528,5
514,92	514,02	518,72	517,04	522,00	519,90	528,87

Vergleicht man nun die in den Ueberschriften angegebenen Galvanometerstände in den ungeraden Reihen, wo der Commutator beim Herausziehen des Wismuthstabs aus dem ringförmigen Leiter die Stellung *A* hatte, mit dem Mittelwerthe der darunterstehenden Beobachtungen, so ergiebt sich der letztere jedesmal etwas *gröfser*. Es sind nämlich diese Mittelwerthe:

1. Reihe $514{,}92 = 512{,}3 + 2{,}62$

3. - $518{,}72 = 515{,}9 + 2{,}82$

5. Reihe 522,00 = 517,0 + 5,00
7. - 528,87 = 524,7 + 4,17.

Dieselbe Vergleichung giebt für die geraden Reihen, wo der Commutator beim Herausziehen des Wismuthstabs aus dem ringförmigen Leiter die Stellung *B* hatte, den Mittelwerth immer etwas *kleiner*. Es sind nämlich diese Mittelwerthe:

2. Reihe 514,02 = 517,4 — 3,38
4. - 517,04 = 517,2 — 0,16
6. - 519,90 = 523,0 — 3,10.

Es ist hiebei zu beachten, dafs der vor Beginn jeder Reihe beobachtete Galvanometerstand nicht genau der Ruhestand der Nadel war. Um die hieraus hervorgehende Ungewifsheit zu vermeiden, kann man diese jeder Reihe vorausgeschickte Ablesung von der Rechnung ganz ausschliefsen, und kann sich auf die Vergleichung der Mittelwerthe der einzelnen Reihen allein beschränken. Die Vergleichung des Mittelwerths der 2. bis 6. Reihe mit dem Mittel aus der unmittelbar vorangehenden und nachfolgenden Reihe ergiebt dann folgende Resultate:

2. Reihe 514,02 = 516,82 — 2,80
3. - 518,72 = 515,53 + 3,19
4. - 517,04 = 520,36 — 3,32
5. - 522,00 = 518,47 + 3,53
6. - 519,90 = 525,43 — 5,53.

Auch hieraus ersieht man, dafs in den ungeraden Reihen, wo der Commutator den Stand *A* hatte, während der Wismuthstab aus dem ringförmigen Leiter herausgezogen wurde, der Galvanometerstand etwas höher war, und dafs das Entgegengesetzte in den geraden Reihen stattfand, wo der Commutator beim Herausziehen des Wismuthstabs den Stand *B* hatte. Die Unterschiede sind für die letzten Reihen etwas gröfser als für die ersten, was sich leicht daraus erklärt, dafs die Inductionswechsel allmälig beschleunigt wurden.

Es wurden nun zum Zweck einer directen Vergleichung Gegenversuche gemacht, wobei der Wismuthstab mit einem dünnen Eisenstäbchen vertauscht wurde. Der inducirte

Strom war dann so stark, dafs keine Repetition angewendet werden durfte wie beim Wismuth, und dafs ferner das Eisenstäbchen auch nur mit dem äufsersten Ende in den ringförmigen Leiter gebracht werden durfte. Aber auch dann war der inducirte Strom so stark, dafs am Galvanometer nicht der Ausschlag der Nadel selbst, sondern nur die Richtung beobachtet wurde, ob nämlich der Galvanometerstand wuchs, d. i. von niederen Scalentheilen zu höheren ging, oder umgekehrt.

Erster Versuch.

Stellung des Commutators *A*.

Wachsende Zahlen beim Hineinschieben des Eisenstäbchens in den ringförmigen Leiter.

Abnehmende Zahlen beim Herausziehen des Eisenstäbchens aus dem ringförmigen Leiter.

Zweiter Versuch.

Stellung des Commutators *B*.

Abnehmende Zahlen beim Hineinschieben des Eisenstäbchens in den ringförmigen Leiter.

Wachsende Zahlen beim Herausziehen des Eisenstäbchens aus dem ringförmigen Leiter.

Zur Vergleichung dieser mit Eisen gemachten Versuche mit den früheren, welche sich auf Wismuth bezogen, diene die Stellung des Commutators *A* und der Fall, wo das Eisenstäbchen aus dem ringförmigen Leiter herausgezogen wurde, für den also eine *Abnahme* des Galvanometerstandes beobachtet worden ist. Dieser Fall entspricht bei den obigen Versuchen mit dem Wismuth den ungeraden Reihen, für die sich bei in gleichem Sinne fortgesetzter Induction ein *höherer* Galvanometerstand ergeben hat. Hieraus folgt also, dafs das Wismuth einen positiven Strom inducirte unter den nämlichen Verhältnissen, unter welchen das Eisen einen negativen inducirte, und umgekehrt.

Hierdurch ist also die Induction elektrischer Ströme durch Diamagnetisirung des Wismuths bewiesen, und man

ersieht zugleich, dafs die Richtung dieser Ströme stets der vom Eisen unter den nämlichen Verhältnissen inducirten Ströme entgegengesetzt ist, ganz so wie es seyn müfste, wenn das Wismuth magnetische Fluida oder aequivalente Ampère'sche Ströme enthielte, die unter dem Einflusse starker Magnete gerade entgegengesetzt bewegt oder gedreht würden wie im Eisen, wodurch also auch der letzte Zweifel an der von Faraday aufgestellten Annahme gehoben zu seyn scheint.

Obgleich nun aber hiernach eine Regel gefunden ist, nach welcher die veränderlichen diamagnetischen Zustände der Körper für alle Fälle so bestimmt werden, dafs sämmtliche Wirkungen nach magnetischen und elektrodynamischen Gesetzen als nothwendige Folge davon erscheinen, so bleibt der *Grund* jener Regel doch noch unbekannt, und nach magnetischen und elektrodynamischen Gesetzen unerklärt. Denn sind magnetische Fluida in den diamagnetischen Körpern wirklich enthalten, so mufs bei Näherung eines Magnetpols das eine angezogen, das andere abgestofsen werden, und die Richtung der Scheidung beider Fluida ist hienach durch magnetische Gesetze nothwendig bestimmt. Diese Richtung ist aber der in obiger Regel angegebenen gerade entgegengesetzt. Eben so verhält es sich auch mit der andern Annahme, nach welcher in den diamagnetischen Körpern statt magnetischer Fluida Ampère'sche Molecularströme vorausgesetzt werden, welche bei Annäherung eines Magnetpols in einem durch die elektromagnetischen Gesetze bestimmten Sinne gedreht werden müssen. Diese Drehung ist aber der in obiger Regel angegebenen gerade entgegengesetzt.

Es ist also ein Widerspruch vorhanden zwischen obiger Regel der *Erregung* und den Gesetzen der *Wirksamkeit* des diamagnetischen Zustands. Bis dieser Widerspruch gelöst ist, bleiben alle diamagnetischen Zustände der Körper eine Gruppe isolirter Facta aufser Zusammenhang mit allen übrigen Erscheinungen, gerade so wie der Rotationsmagnetismus eine solche Gruppe bildete, bis Faraday durch Entdeckung der Induction den Schlüssel dazu gab.

Für unsere bisherigen Betrachtungen, welche sich auf die *Wirkungen* bezogen, war es gleichgültig, ob geschiedene magnetische Fluida oder gleichgerichtete Ampère'sche Molecularströme den erregten diamagnetischen Zustand der Körper constituiren. Diefs ist nicht mehr der Fall bei den folgenden Betrachtungen, welche sich auf die *Ursachen* beziehen, d. h. auf die den diamagnetischen Zustand der Körper erregenden Kräfte.

Denn wäre es eine gewisse Vertheilung der magnetischen Fluida, welche den diamagnetischen Zustand der Körper constituirte, so könnte, wie oben gezeigt worden, von den Kräften, die sie hervorbrächten, gar keine Rechenschaft gegeben werden; wenigstens aus den gegebenen *magnetischen* Kräften, welche auf jene Fluida wirken, liefse sich diese Vertheilung nicht erklären.

Anders verhält es sich aber, wenn es gleich gerichtete Molecularströme sind, welche den diamagnetischen Zustand der Körper constituiren. Denn ein System gleichgerichteter Molecularströme kann auf *doppelte* Weise zu Stande kommen. *Erstens* nämlich ist es möglich, dafs die Molecularströme selbst in dem Körper schon vorher existirt haben, und dafs auf diese schon vorhandenen Ströme nur eine Kraft gewirkt hat, welche ihnen *gleiche Richtung* ertheilte; *zweitens* aber ist es auch möglich, dafs die gleichgerichteten Ströme, welche den diamagnetischen Zustand der Körper bilden, vorher gar nicht existirten, sondern bei der Diamagnetisirung des Körpers erst *entstanden* oder *inducirt* worden sind. Fällt nun auch die erste von diesen beiden Möglichkeiten, wie oben gezeigt worden, aus gleichen Gründen weg, wie die der vorher betrachteten Vertheilung magnetischer Fluida, so bleibt doch für die Molecularströme noch die andere Möglichkeit übrig, wonach sie *durch Induction entstanden* wären.

Nun ist zwar von *inducirten Molecularströmen* bisher nie die Rede gewesen, sondern nur von beharrlichen, unveränderlichen Molecularströmen, nach Ampère's Definition, dem überhaupt die Entstehung von Strömen durch

Induction noch unbekannt war. Es leuchtet aber ein, daſs, wenn die Existenz von Molecularströmen zugegeben wird, auch ferner einzuräumen sey, daſs ihre Intensität müsse vermehrt oder vermindert, und daſs selbst neue Ströme dieser Art müssen erzeugt werden können, und zwar durch die nämlichen Kräfte, welche Ströme in gröſseren Kreisen hervorbringen.

Geht man zur Erklärung des Diamagnetismus auf *Induction* zurück, so könnte man beim ersten Anblick selbst daran zweifeln, ob es wirklich nöthig sey, inducirte Molecularströme zu diesem Zwecke anzunehmen, oder ob nicht selbst die in gröſseren Kreisen inducirten Ströme dazu genügten. In der That würden diese Ströme alle diamagnetische Erscheinungen hervoringen können, wenn sie *beharrlich* wären; da aber diese, den Ohm'schen Gesetzen unterworfenen Ströme nicht beharrlich sind, sondern augenblicklich mit der inducirenden Kraft verschwinden und nur durch fortgesetzte Induction erhalten werden, so können sie aus diesem einzigen Grunde nicht zur Erklärung des Diamagnetismus dienen.

Wenn nun aber in dem schnellen Verschwinden dieser Ströme wirklich der einzige Grund liegt, den diamagnetischen Zustand der Körper, welcher beharrlich ist, nicht daraus abzuleiten, so scheint gar kein Grund zu seyn, warum man den beharrlichen diamagnetischen Zustand der Körper nicht *inducirten Molecularströmen* zuschreiben sollte, da sich diese in allen anderen Beziehungen eben so wie jene Ströme verhalten müssen, und nur darin verschieden sind, daſs ihnen die *Beharrlichkeit* zukommt, die jenen fehlt. Denn der Unterschied der Ströme, welche durch Leiter in gröſseren Kreisen sich bewegen, von diesen Molecularströmen besteht nur darin, daſs der strömenden Elektricität der ersteren beim Vorübergehen an den Moleculen des Leiters ihre lebendige Kraft so schnell entzogen wird, daſs sie in einer unmeſsbar kleinen Zeit zur Ruhe gelangen würde, wenn ihr der erlittene Verlust nicht durch fortdauernde elektromotorische Kräfte immer wieder ersetzt würde, wonach sich dann

ergiebt, dafs diese Art von Strömen, den Ohm'schen Gesetzen gemäfs, stets der vorhandenen elektromotorischen Kraft proportional sind und augenblicklich mit der elektromotorischen Kraft verschwinden. Das Gegentheil gilt von den Molecularströmen, welche nicht durch einen Leiter von Molecule zu Molecule fortgehen, sondern sich um ein einziges Molecul herumbewegen, für die also jener Grund der Entziehung ihrer lebendigen Kraft wegfällt. Diese Ströme beharren also ohne elektromotorische Kraft in gleicher Intensität.

Ist nun eine *inducirende Kraft* gegeben, welche auf die Elektricität eines Leiters wirkt, so wird letztere in eine Strombewegung versetzt, und diese Strombewegung vertheilt sich nach Proportion der Leitungsfähigkeit gesetzmäfsig unter allen Bahnen, die der Leiter darbietet; folglich mufs ein Theil der Strombewegung seinen Weg auch um einzelne Molecule des Leiters einschlagen und *inducirte Molecularströme* bilden, welche, weil sie auf ihrem Wege um die Molecule herum keinen Widerstand finden, durch den sie aufgehalten würden, ungeschwächt fortdauern müssen, bis in Folge einer neuen entgegengesetzten Induction neue inducirte Molecularströme hinzukommen, welche die älteren aufheben.

Spricht man also mit Ampère in der Lehre vom Elektromagnetismus von *Molecularströmen*, so mufs man jetzt auch consequenterweise, nach Entdeckung der Induction, in der Lehre von der Magnetoelektricität von *inducirten Molecularströmen* sprechen, und mufs allen, gleichgültig ob sie immer vorhanden gewesen, oder durch Induction erst entstanden sind, Beharrlichkeit zuschreiben. Diefs vorausgesetzt ergiebt sich, dafs auf alle Körper, an welchen diamagnetische Wirkungen beobachtet werden, Kräfte gewirkt haben, welche Molecularströme induciren mufsten, und zwar solche, welche die mit dem Namen der diamagnetischen bezeichneten Wirkungen hervorbringen.

Letzteres folgt daraus, dafs eine magnetische Kraft einen *vorhandenen Strom* so zu richten sucht, dafs seine Bahn

der eines *durch das Wachsthum jener magnetischen Kraft inducirten Stroms* gerade entgegengesetzt ist. Ist also dieser inducirte Strom ein Molecularstrom, welcher beharrt, so wird er auch beharrlich die entgegengesetzten Wirkungen haben, wie ein anderer Molecularstrom, der unabhängig von dem Wachsthum jener magnetischen Kraft schon existirte (z. B. im Eisen), aber durch diese Kraft seine gegenwärtige Richtung erhalten hat. Das entgegengesetzte Verhalten des diamagnetisirten Wismuths und des magnetisirten Eisens ergiebt sich hienach von selbst aus bekannten Gesetzen. Der wesentliche Unterschied zwischen Wismuth und Eisen würde nur darin zu setzen seyn, daſs im Eisen, unabhängig von äuſserer Erregung, Molecularströme vorhanden sind, deren Richtung aber nicht unveränderlich, sondern dem Einfluſs äuſserer Kräfte unterworfen ist, was beim Wismuth nicht der Fall wäre. Uebrigens können Wismuth und Eisen in sofern gleichgesetzt werden, als eine wachsende oder abnehmende magnetische Kraft in beiden neue beharrliche Molecularströme inducirt, die jedoch im Eisen viel schwächer seyn müssen, als die unabhängig von solcher Induction darin vorhandenen.

III. *Ueber die diamagnetischen Eigenschaften der Flamme und der Gase;* *von Michael Faraday.*

(Aus dem *Philosoph. Magazine, Ser. III, Vol. XXXI, p.* 401; ein Schreiben an Hrn. Richard Taylor.)

Kürzlich empfing ich vom Prof. Zantedeschi einen von ihm veröffentlichten Aufsatz, worin ein Bericht über die von P. Bancalari gemachte Entdeckung des Magnetismus (Diamagnetismus) der Flamme und die dadurch veranlaſsten Versuche Zantedeschi's, welche die Thatsache bestätigen, und zeigen, daſs die Flamme aus der die Magnetpo-

pole verbindenden axialen Linie fortgestofsen wird. Ich sende Ihnen den Aufsatz, damit Sie ihn, wenn er Ihnen so wichtig erscheint wie mir, in das *Philosophical Magazine* aufnehmen mögen [1]), und zugleich erhalten Sie meinerseits diese experimentelle Bestätigung und Erweiterung. Da Hr. Zantedeschi seine Resultate der Oeffentlichkeit übergeben hat, so hielt ich mich für befugt, über den Gegenstand zu arbeiten, der mich natürlich ungemein interessirte. Was ich beschreiben werde, wird vermuthlich nur bestätigen, was in Italien oder anderswo beobachtet worden ist, und in diesem Falle hoffe ich entschuldigt zu seyn; ein zweites Zeugnifs für eine so wichtige Thatsache ist übrigens keineswegs überflüssig und kann im gegenwärtigen Falle Andere veranlassen, die neue, durch die diamagnetischen Körper eröffnete Bahn der Forschung thätig zu betreten.

Ich fand alsbald das Hauptresultat des Diamagnetismus der Flamme bestätigt, und begreife kaum, wie ich dasselbe nicht schon vor Jahren beobachtet habe. Vermuthlich habe ich es in auffallenderer Weise gesehen als es in Zantedeschi's Aufsatz angegeben ist, und daher will ich die Gestalt und Anordnung der wesentlichen Theile meines Apparats beschreiben. Der angewandte Elektro-Magnet war einer der in den *Experimental-Untersuchungen* beschriebenen (2247) [2]). Die beiden eisernen Ansätze, welche die Pole bildeten, hielten jeder 1,7 Zoll im Quadrat und 6 Zoll in Länge; ihre Enden hatten nahe die Gestalt eines Kegels, dessen Seiten einen Winkel von etwa 100° bildeten und dessen Axe horizontal und in der oberen Fläche der Eisenstücke lag. Der Scheitel eines jeden Endes war abgerundet und solchergestalt beinahe ein Zehntelzoll vom Kegel abgenommen. Wenn diese Enden einander nahe gebracht sind, geben sie eine kräftige Wirkung in dem magnetischen Felde, dessen axiale Linie natürlich horizontal und mit der

1) Auch ich habe von Hrn. Zantedeschi den erwähnten Aufsatz zugesandt erhalten, und werde ihn dem vorliegenden folgen lassen. *P.*

2) Annalen, Bd. 69, S. 291.

oberen Fläche der Stäbe beinahe im Niveau liegt. Ich habe diese Form zu einer grofsen Mannigfaltigkeit von Versuchen ungemein vortheilhaft gefunden.

Als die Flamme einer Wachskerze nahe an die eine oder andere Seite der axialen Linie gebracht worden, etwa zu einem Drittel über die obere Fläche der Pole hervorragend, wurde die Flamme bei Erregung der Magnetkraft sogleich ergriffen; sie wich aus der axialen Linie, bewegte sich aequatorial, und nahm eine geneigte Lage an, wie wenn ein sanfter Wind sie aus der aufrechten Stellung ablenkte. Diese Erscheinung verschwand sogleich wie der Magnetismus aufgehoben ward.

Der Effect erreichte nicht instantan sein Maximum, sondern erst allmälig. Bei Entfernung des Magnetismus hörte er sehr schnell auf. Der steigende Anwuchs entspringt aus der allmäligen Erzeugung von Strömen in der Luft um das magnetische Feld, welche, nach dem Eintreten der magnetischen Zustände, in Gegenwart der Flamme gebildet werden.

Als die Flamme so gestellt ward, dafs sie genau quer durch die Magnetaxe ging, wurde sie zwischen den Polspitzen vom Magnetismus comprimirt; sie wich in der axialen Linie von den Polen gegen die mittlere Querebene zurück und verkürzte auch ihre Höhe. Zugleich brannten die Spitze und die Seiten der comprimirten Theile lebhafter, weil zwei Luftströme von den Polen aus an beiden Seiten direct gegen die Flamme getrieben wurden und darauf mit ihr in aequatorialer Richtung entwichen. Es fand jedoch gleichzeitig eine Abstofsung oder Abweichung der Flammentheile von der axialen Linie statt. Denn die unterhalb befindlichen Theile stiegen nicht so schnell auf wie zuvor und beim Aufsteigen nahmen sie auch eine geneigte und aequatoriale Richtung an.

Als die Flamme etwas mehr gehoben wurde, hatte die Magnetkraft die Wirkung, dafs sich die eben beschriebene Erscheinung verstärkte und die Flamme die Gestalt eines quer gegen die Magnetaxe gestellten Fischschwanzes annahm.

Hob man die Flamme so weit, dafs etwa zwei Drittel von ihr über die axiale Linie kamen, und näherte die Pole einander so stark (etwa 0,3 Zoll), dafs sie den in der axialen Linie liegenden Theil zu erkälten und zu comprimiren begannen, ohne jedoch das freie Aufsteigen desselben zwischen ihnen zu hindern: dann wurde, bei Erregung des Magnets, die Flamme noch mehr comprimirt und verkürzt; und als die Wirkungen ihr Maximum erreichten, bog sich die Spitze zuletzt herab, und die Flamme stieg nicht mehr zwischen den Magnetpolen auf, sondern breitete sich rechts und links von der axialen Linie aus, eine Doppelflamme mit zwei langen Zungen bildend. Längs dem oberen ausgebreiteten gabelförmigen Rande war diese Flamme sehr hell, indem sie daselbst angefacht wurde durch einen Luftstrom, welcher zwischen den Polen auf diesen Theil der Flamme *herabsank* und sie in der That in aequatorialer Richtung forttrieb.

Als der Magnet aufser Thätigkeit gesetzt ward, nahm die Flamme auf einmal ihre aufrechte Stellung zwischen den Polen wieder an; und bei Erneuerung der magnetischen Wirkung wurde sie wieder herabgedrückt und zertheilt.

Als eine kleine Flamme von ungefähr 0,33 Zoll Höhe zwischen die Pole gebracht ward, verflachte die Magnetkraft sie augenblicklich zu einer aequatorialen Scheibe.

Wenn ein nufsgrofser Ball von Baumwolle auf einen Draht gesteckt, mit Aether getränkt und angezündet wird, so giebt er eine Flamme von sechs bis sieben Zoll Höhe. Diese grofse Flamme stieg ungehindert zwischen den Polen in die Höhe; so wie aber der Magnet in Thätigkeit gesetzt ward, theilte sie sich in zwei Flammen, die eine auf dieser, die andere auf jener Seite der axialen Linie.

Diefs ist die allgemeine und sehr auffallende Erscheinung, welche durch magnetische Wirkung auf die Flamme hervorgebracht werden kann, und deren Entdeckung wir Hrn. Bancalari verdanken.

Ich bestätigte die von Hrn. Zantedeschi erhaltenen Resultate an verschiedenen Flammen, und fand, dafs die

von Alkohol, Aether, Steinkohlengas, Wasserstoff, Schwefel, Phosphor und Kampher alle in derselben Weise, obwohl anscheinend nicht in gleicher Stärke afficirt wurden. Die hellsten Flammen schienen am meisten ergriffen zu werden.

Die Hauptresultate lassen sich in einer in mancher Hinsicht auffallenderen und lehrreicheren Weise zeigen, wenn man eine rauchende Kerze anwendet. Man läfst eine Kerze von mit Grünspan gefärbtem Wachs eine Minute lang aufrecht brennen, und bläst sie nun aus, wo sie dann gewöhnlich oben auf dem Docht noch fortglimmt, manchmal eine Stunde und länger, und einen schmalen Strom von dichtem Rauch aussendet, welcher in einer ruhigen Atmosphäre sechs bis acht Zoll hoch emporsteigt und in einer bewegten Atmosphäre jede Veränderung der Bewegung, sowohl der Richtung als der Stärke nach anzeigt. Wenn die Kerze unter die Pole gehalten wird, so dafs der Rauchstrom etwas neben der axialen Linie vorbeigeht, so wird der Rauch kaum von der Magnetkraft afficirt, sobald die Kerze drei bis vier Zoll unter den Polen ist; so wie man aber die Kerze hebt, so dafs der verkohlte Docht (*coal*) nicht mehr als einen Zoll unterhalb der axialen Linie ist, so wird der Rauchstrom stärker afficirt, nämlich auswärts gebogen; und bringt man sie noch höher, so giebt es einen Punkt, bei welchem der Rauch den Draht selbst in horizontaler Richtung verläfst, um aequatorial zu gehen. Hält man die Kerze so, dafs der Dampfstrom *durch* die axiale Linie geht, und verändert nun die Abstände wie zuvor, so zeigt sich wenig oder keine merkliche Wirkung, so lange der Docht vier Zoll darunter ist; hebt man ihn aber, so dafs die warmen Theile des Rauches zwischen die Pole kommen, so strebt er, sich zu theilen; und wenn der glimmende Docht etwa einen Zoll unter der axialen Linie ist, steigt der Rauch senkrecht in einer Säule empor bis er etwa zwei Drittel jenes Abstandes überschritten hat, dann theilt er sich, geht rechts und links, und läfst den Raum zwischen den Polen klar. So wie man die Kerze

langsam hebt, geht die Theilung des Rauches weiter hinab, tritt weiter unten ein, bis sie, bei einem Abstand von 0,4 bis 0,5 Zoll unterhalb der axialen Linie, auf dem Dochte selbst stattfindet. Wird die Kerze noch mehr gehoben, so ist der magnetische Effect so groſs, daſs er den Rauch nicht bloſs theilt, sondern ihn auch zu beiden Seiten des glimmenden Dochts herabsenkt, ihm einigermaſsen die Gestalt des Buchstaben W giebt. Zugleich wird der glimmende Docht obenauf bedeutend heller durch den auf ihn herabgesandten Luftstrom. Bei diesem Versuch müssen die Magnetpole etwa 0,25 Zoll von einander stehen.

Ein glimmendes Stück Feuerschwamm oder ein glimmender Holzsplitter giebt denselben Effect [1]).

An einem kleinen glimmenden Docht (*small spark*) mit Rauchsäule habe ich auch die Wirkung eines gewöhnlichen Magnets dargethan. Es war ein guter Magnet, dessen Pole nahe zusammen und konisch gestaltet waren.

Bevor ich die Beschreibung der allgemeinen Erscheinungen verlasse und zur Betrachtung der Principien der dabei stattfindenden magnetischen Wirkung übergehe, muſs ich sagen, daſs ein einzelner Magnetpol ähnliche Wirkungen auf Flamme und Rauch ausübt, allein weit weniger auffallende und beobachtbare.

Obwohl der Effect bei der Flamme so augenfällig ist, so ist doch auf dem ersten Blick nicht klar, was die Hauptursache oder Ursachen desselben sind. Die Hitze der Flamme ist die augenscheinlichste und wahrscheinlichste Bedingung; allein es giebt andere Umstände, die eben so sehr und noch mehr von Einfluſs sind. Während der Zeit findet ein chemischer Vorgang statt: — starre Substanz, die als diamagnetisch bekannt ist, existirt in mehren der angewandten Flammen; und zwischen der Substanz der Flamme und der umgebenden Luft besteht ein groſser Unterschied. Nun mögen einige oder alle diese Umstände der Temperatur, der chemischen Action, der Starrheit eines Theils der Substanz, und der Verschiedenheit der Zusammensetzung

1) Ein Räucherkerzchen würde wahrscheinlich auch gute Dienste leisten. *P.*

rücksichtlich der umgebenden Luft, zur Hervorbringung und Abänderung des Resultates beitragen.

Ich brachte die Drähte eines Elektrometers und auch eines Galvanometers in verschiedene Theile der afficirten Flamme, konnte aber hiedurch keine Anzeige von Elektricitäts-Erregung erlangen.

Ich untersuchte, ob, bei Abwesenheit der Flamme oder Hitze, in der Nähe der axialen Linie irgend ein Luftstrom vorhanden sey, indem ich den sichtbaren Nebel anwandte, welcher sich bildet, wenn Papierstückchen (*pellets of paper*), in concentrirte Ammoniakflüssigkeit und Salzsäure getaucht, neben einander gehalten werden. Ich fand zwar, dafs die Magnetkraft auf solchen Rauch schwach einwirkte, überzeugte mich jedoch, dafs keine Strömung oder Bewegung von gemeiner Luft, als solcher, zwischen den Polen vorhanden war. Der Rauch seinerseits war schwach diamagnetisch, vermöge der starren Theilchen darin, wie ich glaube.

Allein wenn eine Flamme oder glimmende Kerze gebraucht wird, werden, unter günstigen Umständen, starke Ströme in der Luft erregt. Befindet sich die Flamme zwischen den Polen, so nehmen diese Ströme ihren Lauf längs den Polen, verlassen sie an den gegenüberstehenden, durch die axiale Linie verbundenen Flächen, gehen parallel dieser axialen Linie, stofsen auf die entgegengesetzten Seiten der Flamme, und indem sie ihr zur Nahrung dienen, machen sie einen Theil derselben aus, und entfernen sich aequatorial. Wenn die Flamme, durch die Kraft dieser Ströme auseinandergetrieben, sich zurückzieht, folgen ihr die Ströme; und wenn die Flamme gegabelt wird (*is forked*), bildet die zwischen den Polen befindliche Luft einen Strom, welcher von den Polen aus unter- und seitwärts gegen die Flamme geht. Ich meine nicht, es wandere die Luft in *jedem* Falle längs der Oberfläche der Pole oder längs der axialen Linie oder selbst vom Zwischenraum der Pole aus (*from between the poles*); denn im Fall man eine glimmende Kerze etwa einen halben Zoll unterhalb der axialen Linie hält, ist es die zunächst der Kerze und im Allgemei-

nen zwischen ihr und der axialen Linie befindliche kalte Luft, welche mit gröfster Kraft auf sie herabsinkt. In der That, die Bewegungen der Theile der Luft und der Flamme entspringen aus einer Verschiedenheit der Wirkung. Wir werden gegenwärtig sehen, dafs die Luft diamagnetisch ist, so gut wie die Flamme und der heifse Rauch, d. h. beide streben, zufolge des allgemeinen Gesetzes, welches ich in den Experimental-Untersuchungen (2267 etc.) [1]) angegeben habe, sich von stärkeren Orten der Magnetkraft nach schwächeren zu bewegen; allein heifse Luft und Flamme mehr als kalte und kältere Luft. Befinden sich demnach Flamme und Luft oder Luft von verschiedener Temperatur gleichzeitig innerhalb eines Raumes unter dem Einflufs von Magnetkräften verschiedener Stärke, so werden die heifseren Theilchen sich von den Orten der stärkeren Wirkung zu denen der schwächeren zu begeben suchen, um von den kälteren Theilchen ersetzt zu werden. Die ersteren werden also abgestofsen, und die dabei entstehenden Ströme sind Erzeugnisse dieser Wirkung, vereint mit der mechanischen Kraft oder Strömung, welche die Flamme durch ihre gewöhnliche Wirkung auf die Atmosphäre hervorruft.

Es wird einleuchten, dafs ich die Flamme nur als einen besonderen Fall eines allgemeinen Gesetzes betrachtet habe. Es ist ein höchst wichtiger und schöner, und hat uns zur Entdeckung des Diamagnetismus der gasigen Körper geführt; allein es ist ein verwickelter, wie ich jetzt zeigen werde, indem ich einige seiner Umstände zergliedere und deren Effecte sondere.

Um den Einflufs der blofsen Hitze auf die diamagnetische Beschaffenheit der Flamme zu untersuchen, befestigte ich eine kleine Schraube (*helix*) von dünnem Platindrahte an zwei dickere Kupferdrähte, um sie in eine gegebene Lage gegen die Magnetpole bringen, und zugleich durch eine Volta'sche Batterie nach Belieben in's Glühen versetzen zu können. Auf diese Weise ersetzte sie die brennende Kerze,

1) Annalen, Bd. 69, S. 296.

indem sie einen stark erhitzten und zugleich chemisch unveränderten Luftstrom gab. Als der Schraubendraht gerade unter die axiale Linie gestellt ward, stieg die erhitzte Luft frei zwischen den Polen empor, wie sich diefs beim Darüberhalten eines Thermometers oder eines Fingers oder eines Papiers, das verkohlt wurde, ergab. Sobald aber der Magnet in Thätigkeit gesetzt wurde, theilte sich die heifse Luft in zwei Ströme, die an den beiden Seiten der axialen Linie emporstiegen; allein zwischen den Polen bildete sich ein niedersinkender Strom, der hinabging zum Schraubendraht und zur heifsen Luft, welche aufstieg und seitwärts von jenem vorbeiging.

Es ist daher vollkommen klar, dafs heifse Luft diamagnetisch gegen kalte ist oder diamagnetischer als sie. Aus dieser Thatsache zog ich den Schlufs, dafs Luft, erkaltet bis unter die natürliche Temperatur, sich der Magnetaxe nähern oder gegen gewöhnliche Luft magnetisch seyn werde. Ich machte mir einen kleinen Apparat, in welchem eine senkrechte Röhre, die Luft lieferte, durch ein mit Kältemischung gefülltes Gefäfs geleitet war; das letztere ward mit Flannel bekleidet, damit die äufsere Luft nicht erkältet und somit das magnetische Feld nicht verletzt würde. Der centrale Strom von kalter Luft wurde ein wenig seitwärts von der axialen Linie herabgeleitet, in eine Röhre, versehen mit einem empfindlichen Luftthermometer, welches die Wirkung anzeigte. Als der Magnet in Thätigkeit versetzt wurde, hörte diese Wirkung auf und das Thermometer stieg; als letzteres aber unter die axiale Linie gebracht ward, fiel es wieder, zum Beweise, dafs der kalte Luftstrom einwärts oder gegen die axiale Linie gezogen worden, d. h. in Bezug auf Luft von gewöhnlicher Temperatur magnetisch geworden, aber weniger diamagnetisch als sie. Die niedrige Temperatur war unter 0° F. Die Wirkung war nur gering, aber deutlich.

Die Wirkung der Hitze, den Diamagnetismus der Luft so stark zu erhöhen, ist sehr merkwürdig. Ich halte es durchaus nicht für wahrscheinlich, dafs die blofse Ausdeh-

nung die Ursache der veränderten Beschaffenheit der Luft sey, vielmehr müfste man erwarten, dafs, bei gleichem Volume, die ausgedehnte Luft eine geringere diamagnetische Wirkung ausübe als die dichtere, eben so wie zu vermuthen wäre, dafs ein Vacuum weder magnetische noch diamagnetische Effecte zeige, sondern auf dem Nullpunkt beider Körperklassen liege (*Experimental-Researches*, 2423, 2424) [1]). Sicher ist, dafs wenn die Luft ein magnetischer Körper wäre, ihre Ausdehnung, die einer Verdünnung gleichwerthig ist, sie gegen gewöhnliche Luft als diamagnetisch erscheinen lassen würde (*Exp. Research.*, 2367, 2438) [2]); allein ich halte es nicht für wahrscheinlich, dafs dem so sey, wie man diefs aus den weiterhin beim Sauerstoff und Stickstoff beschriebenen Resultaten sehen wird.

Die Wirkung der Hitze giebt den Gasen und Dämpfen einen sehr merkwürdigen und, wie wir weiterhin sehen werden, ihnen allen gemeinsamen Charakter. Bei meinen früheren Versuchen (*Exp. Res.*, 2359, 2397) [3]) erhitzte ich verschiedene diamagnetische Körper, konnte aber nicht bemerken, dafs ihre magnetische Kraft irgend wie durch die ihnen gegebene Temperatur vergröfsert oder verändert worden wäre. Ich habe nunmehr kleine Kupfer- und Silbercylinder bei gewöhnlicher Temperatur und bei Rothglühhitze der Wirkung eines einzelnen Poles ausgesetzt, aber mit demselben Erfolg. Wenn überhaupt die Temperatur-Erhöhung eine Wirkung hatte, so bestand sie in einer sehr geringen Verstärkung des Diamagnetismus, aber ich bin dessen nicht gewifs. Für jetzt also scheinen sich die gasigen und dampfförmigen Körper auffallend dadurch zu unterscheiden, dafs die Hitze ihren Diamagnetismus bedeutend verstärkt.

Da alle diese Versuche über die Flamme, den Rauch oder die Luft zu zeigen schienen, dafs die Luft ein beson-

1) Annalen, Bd. 70, S. 45.

2) Annalen, Bd. 70, S. 31 und 51.

3) Annalen, Bd. 70, S. 29 und 38.

deres magnetisches Verhalten besitze, welches, obwohl durch Hitze stark verändert, ihr doch bei allen Temperaturen zukomme, so war mit Wahrscheinlichkeit zu schlieſsen, daſs andere gasige oder dampfförmige Körper diamagnetisch oder magnetisch seyn, und selbst bei gewöhnlichen oder gleichen Temperaturen von einander abweichen würden. Ich schritt also zur Untersuchung derselben, indem ich, mittelst geeigneter Apparate, Ströme von ihnen in die Luft treten lieſs und den Lauf derselben im magnetischen Felde verfolgte, wenn zur selben Zeit die Magnetkraft entweder entwickelt war oder nicht.

Zur Hervorbringung solcher Ströme, brachte ich manchmal die Gase in einen Ballon, versehen mit einer Mündung oder auch einer Tubularöffnung (*tubular spout*), und lieſs sie zu dieser Oeffnung ausflieſsen, aufwärts oder niederwärts, je nachdem das Gas leichter oder schwerer als die Luft war. Manchmal, z. B. bei Salzsäure oder Ammoniak, lieſs ich die Ströme zur Mündung der Retorte austreten. Allein da es sehr wichtig ist, das magnetische Feld nicht mit dem unsichtbaren Gase zu überschwemmen, so ersann ich die folgende Vorrichtung, die für alle in Wasser unlösliche Gase gute Dienste leistet.

Es wurde eine Woulf'sche Flasche genommen, die oben drei Oeffnungen *a*, *b*, *c* hatte. In der Oeffnung *a* wurde eine weite, an beiden Enden offene, und bis zum Boden der Flasche reichende Röhre befestigt; sie diente zum Eingieſsen von Wasser in die Flasche, um das darin vorhandene Gas zu verdrängen. Die Oeffnung *b* wurde durch einen Stöpsel verschlossen, und *c* hatte eine nach auſsen gehende Röhre mit einem Hahn, um das Gas nach dem verlangten Ort zu leiten. Um das Gas auszutreiben, war über der Flasche ein Behälter mit Wasser aufgestellt und dessen Hahn durch einen Holzsplitter so weit verstopft, daſs er, bei voller Oeffnung, nicht mehr als zwölf Cubiczoll Wasser in der Minute lieferte. Dieser Wasserstrahl wurde, während der Hahn an der Röhre *c* offen war, in die Oeffnung *a* geleitet, und dadurch wurden 12 Cubicz. des in der

Woulf'schen Flasche vorhandenen Gases in der Minute ausgetrieben, ein Verhältnifs, welches zu meinem Apparate und Magnet vortrefflich pafste.

Um das Gas zu den Magnetpolen zu schaffen, wurde eine in die Form ⌣ gekrümmte Glasröhre, gehalten durch eine Klammer, so am Stativ des Magnets angebracht, dafs sie leicht rück- und vor- oder seitwärts geschoben und mit ihrem verticalem Theil an einen beliebigen Ort unterhalb der axialen Linie gestellt werden konnte. Die Oeffnung dieses Endes hielt ungefähr einen Achtelzoll inneren Durchmesser. In dem horizontalen Theil, nahe an der Biegung, befand sich ein Stück Fliefspapier, befeuchtet (wenns nöthig war) mit concentrirter Salzsäure. Der horizontale Theil der Röhre liefs sich durch eine kurze Röhre von geschwefeltem Kautschuck (*vulcanized rubber*) in einem Augenblick, wenns erforderlich war, mit der Röhre *c* der Gasflasche verbinden und von ihr trennen. War das angewandte Gas schwerer als das umgebende Medium, so befand sich die Glasröhre über der axialen Linie, und hatte, statt der obigen Gestalt, eine solche, dafs sie einen herabgehenden Strom lieferte. Auf diese Weise hatte man ganz beständige Ströme von verschiedenen Gasen vollkommen in seiner Gewalt.

Zunächst war nun die Bahn dieser Ströme zu entdecken und zu verfolgen. Ein wenig Ammoniakgas, nahe beim magnetischen Feld entwickelt, gestattete diefs einigermafsen, aber nicht genügend. Denn erstlich ist die kleine Wolke von gebildetem salzsaurem Ammoniak an sich diamagnetisch, und zweitens wird dabei die Ruhe der Luft in dem magnetischen Felde zu sehr gestört. Es wurden nun Fangröhren (*catch-tubes*) vorgerichtet, bestehend aus Röhren von dünnem Glase, etwa von der Dicke und Länge eines Fingers, und an beiden Enden offen, befestigt auf kleinen Gestellen, so dafs sie nach Belieben entweder über oder unter den Magnetpolen angebracht werden konnten. Wenn sie über den Polen waren, nahm ich gewöhnlich deren drei, eine über der axialen Linie und eine an jeder Seite der-

selben. Befanden sie sich unter den Polen, so war das untere Ende etwas in die Höhe gekehrt, um daselbst die Beobachtung zu erleichtern.

Das zu den Polen geführte Gas enthielt, wie schon erwähnt, etwas Salzsäure (vermöge des damit befeuchteten Papiers), doch nicht so viel, dafs es sichtbar wurde. Um sichtbar zu machen, durch welche der Fangröhren es ging, wurde ein Stückchen Fliefspapier, zusammengefaltet und an einem Kupferdraht befestigt, in Ammoniakflüssigkeit getaucht und über jeder der Röhren aufgehängt. Durch den sichtbaren Rauch, der sich über der einen oder anderen Röhre bildete, war nun sogleich klar, ob und durch welche Röhre das unten eingeleitete Gas in die Höhe stiege, und dennoch war das Gas an dem Ort der magnetischen Action vollkommen klar.

In Zusatz zu diesen Vorrichtungen baute ich um die Pole und das magnetische Feld eine schirmende Kammer, um die Luft vor Bewegungen zu schützen. Sie hielt sechs Zoll in Länge auf vier Zoll in Breite und Höhe, gebildet aus dünnen Glimmertafeln, die leicht in einem Moment zusammengesetzt und auseinandergenommen waren. Oben oder unten wurde diese Kammer oft offen gelassen zum Entweichen der Gase oder wegen der Fangröhren. Ihre Vortheile wären sehr grofs.

Luft. — Zunächst wurde ein Luftstrom von unten in diese Vorrichtungen gesandt, und zwar durch die axiale Linie. Er machte sich in der Fangröhre darüber durch den erzeugten Rauch sichtbar; allein der Magnet mochte thätig seyn oder nicht: seine Bahn war dieselbe, zeigend, dafs so weit der Apparat gute Dienste that, und an sich keine fehlerhafte Angabe lieferte.

Stickstoff. — Diefs Gas, von unten aufwärts gesandt, ging direct durch die axiale Linie in die darüber befindliche Fangröhre. Als der Magnet in Thätigkeit gesetzt worden, wurde das Gas ergriffen, und obwohl in der mittleren Fangröhre nicht gehemmt, erschienen doch Theile von demselben in den Seitenröhren. Der Strom ward nun ein

wenig seitwärts der axialen Linie angebracht, so dafs er, ohne die magnetische Action, noch emporstieg und durch die mittlere Fangröhre ging. Als man nun den Magnet wirken liefs, ward er deutlich ergriffen, und ein grofser Theil von ihm durch die seitliche Fangröhre gesandt. Wirklich war der Stickstoff in Bezug auf gemeine Luft von derselben Temperatur deutlich diamagnetisch; allein da vier Fünftel der Atmosphäre aus Stickstoff bestehen, so ist aus dem Resultat ganz klar, dafs Stickstoff und Sauerstoff in ihrem magnetischen Verhalten sehr verschieden von einander seyn müssen.

Sauerstoff. — Ein Sauerstoffstrom wurde durch die Luft zwischen den Polen herabgesandt. Wenn keine magnetische Action vorhanden war, sank er senkrecht herunter, und wenn sie zugegen war, schien dasselbe zu erfolgen; jedenfalls ging er nicht aequatorial. Da aber nach den obigen Versuchen mit Stickstoff mit allem Grund zu erwarten stand, dafs der Sauerstoff nicht diamagnetisch, sondern magnetisch in der Luft erscheinen werde, so gab ich dem Strom eine andere Stelle und liefs ihn an einer Seite der axialen Linie herabgehen. Jetzt sank er anfänglich ganz gut in die darunterstehende Fangröhre; so wie aber der Magnet in Thätigkeit gesetzt ward, wurde der Strom abgelenkt, zu der axialen Linie hingezogen, so dafs er in die danebenstehende Fangröhre fiel. So erweist sich also der Sauerstoff magnetisch in gemeiner Luft. Ob er es wirklich sey oder nur weniger diamagnetisch als die Luft (ein Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff), werden wir weiterhin besser zu beurtheilen vermögen.

Wasserstoff. — Diefs Gas erwies sich deutlich und selbst stark diamagnetisch; denn ungeachtet es, wegen seines geringen specifischen Gewichts, eine grofse Steigkraft in der Atmosphäre besitzt, ward ein Strom desselben gut abgelenkt und aequatorial gesandt. Vermöge der Leichtigkeit des Gases hätte man erwarten können, dafs es gegen die axiale Linie gezogen werden würde, wie es mit einem Strom erwärmter Luft (könnte er existiren) geschehen wäre.

Sein Diamagnetismus zeigt also in schlagender Weise, dafs Gase, wie Solida, besondere und unterscheidende Grade von diamagnetischer Kraft besitzen.

Kohlensäure. — Diefs Gas gestattet einen schönen Versuch. Der Strom ward etwas neben der axialen Linie herabgesandt und eine Fangröhre ein wenig weiter auswärts aufgestellt, so dafs der Strom klar herabsinken konnte, so lange der Magnet nicht in Thätigkeit war. So wie dieser aber wirksam gemacht worden, verliefs der Strom seine senkrechte Richtung, ging aequatorial und fiel in die Fangröhre, aus deren unterem Ende er, wie man beim horizontalen Fortsehen wahrnehmen konnte, wie eine Quelle hervorkam und weiter durch die Luft hinabsank. Als nun wieder der Magnet aufser Thätigkeit gesetzt, und ein Glas mit Kalkwasser unter das untere Ende der Fangröhre gestellt wurde, liefs sich daselbst keine Kohlensäure entdekken, obwohl das Kalkwasser beständig umgerührt wurde. In dem Augenblick aber, da der Magnet wieder erregt wurde, erschien Kohlensäure in der Fangröhre, sank in das Glas und machte das Kalkwasser trübe. Diefs Gas ist also diamagnetisch in der Luft.

Kohlenoxyd. — Diefs Gas wurde vor der Anwendung sorgfältig von Kohlensäure befreit. Es wurde in herabsinkendem Strom angewandt und war anscheinend sehr diamagnetisch; allein es ist zu bemerken, dafs eine Substanz, welche der atmosphärischen Luft im specifischen Gewicht so nahe kommt, in ihr leicht rechts und links zerstreut wird, und demnach die Leichtigkeit der Zerstreuung keine sichere Anzeige von diamagnetischer Kraft ist. Nach Einführung von etwas Ammoniak in die Glimmer-Kammer liefs sich jedoch leicht wahrnehmen, dafs das Kohlenoxyd mit bedeutender Kraft aequatorial fortgetrieben ward. Dem Ansehen nach schliefse ich, dafs es diamagnetischer ist als Kohlensäure.

Stickstoffoxydul. — Diefs Gas war mäfsig, aber deutlich diamagnetisch in der Luft. Diese Verbindung und die übrigen aus Stickstoff und Sauerstoff haben viel Interesse,

sowohl weil sie dieselben Elemente wie die Luft enthalten, als auch wegen ihrer Beziehungen zum Stickstoff und Sauerstoff einzeln genommen.

Stickstoffoxyd. — Ich versuchte dieses Gas als auf- und niedersteigenden Strom, vermochte aber nicht seine magnetische Beschaffenheit zu ermitteln. Bei der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf das Gas, bei der dadurch erfolgenden Erwärmung und Aenderung seiner Natur, zeigte sich so viel zufällige Störung und so wenig aus magnetischem Einflufs entspringender Effect, dafs ich nicht des Resultates sicher seyn konnte. Im Ganzen erschien es schwach diamagnetisch, aber so wenig, dafs der Effect wohl von den Rauchtheilchen herrühren möchte, die zu seiner Versichtbarung dienten.

Salpetrigsaures Gas. — Schwierig zu beobachten, ist aber, wie ich glaube, schwach diamagnetisch in Bezug auf Luft.

Oelbildendes Gas — war diamagnetisch, und zwar gut. Der kleine Unterschied im specifischen Gewicht zwischen diesem Gase und der Luft macht das Verfolgen des Gasstroms schwierig, und ein Achten auf allen Seiten nothwendig.

Steinkohlengas. — Das Londner Kohlengas ist leichter als Luft, wiegt nur etwa zwei Drittel von diesem. Es ist sehr gut diamagnetisch, und giebt aufserordentlich gute und deutliche Resultate.

Schwefligsaures Gas — ist diamagnetisch in Luft. Es wurde entwickelt in einer kleinen Röhre, die flüssige schweflige Säure enthielt. Diese wurde, statt der Gasflasche, durch die Röhre von geschwefeltem Kautschuck mit dem Ausflufsrohr und dem Mundstück verknüpft. Die An- oder Abwesenheit des Gases in der Fangröhre zeigte sich durch Ammoniakgas und noch besser durch Lackmuspapier.

Chlorwasserstoffsäure. — Die Retorte, in welcher sie erzeugt wurde, war, wie eben beschrieben, mit dem Ausflufsrohr verbunden. Das Gas war entschieden diamagnetisch in Luft.

Jodwasserstoffsäure — war ebenfalls diamagnetisch in

Luft. Bei einem reichlichen Strom war sein Eintreten in die seitliche Fangröhre und sein Durchgang durch dieselbe, wenn der Magnet thätig gemacht wurde, sehr auffallend. War weniger Gas vorhanden, so wurde der Strom aequatorial in allen Richtungen zerstreut, und trat weniger in die Röhre.

Fluorkieselgas — diamagnetisch in Luft.

Ammoniak. — Dieses Gas wurde aus dem erforderlichen Material in einer Retorte entwickelt, und in der Fangröhre darüber durch Salzsäure im Fliefspapier geprüft. Es war gut diamagnetisch, entsprechend in dieser Beziehung dem Charakter seiner Elemente. Es konnte auch durch über die Röhren gehaltenes Lackmuspapier sehr gut nachgewiesen werden.

Chlor — aus dem Woulf'schen Apparat in das magnetische Feld gesandt, zeigte sich entschieden diamagnetisch in der Luft. Sowohl Ammoniak durch seine Dämpfe, als auch Lackmus durch sein Erbleichen, gab bei jedesmaliger Erregung des Magnets das Eintreten des Chlors in die seitliche Fangröhre zu erkennen.

Jod. — Eine kurze Glasröhre wurde an ihrem unteren Ende, um das Jod aufzunehmen, zu einer Kammer gestaltet, und diese mit einer herabgehenden verlängerten Mündung versehen, um den gebildeten Dampf entweichen zu lassen. Nach Einlegung von etwas Jod in die Kammer, wurde durch Erhitzen dieser und besonders der Mündung mittelst einer Weingeistflamme, so wie durch nachheriges Neigen des Apparats, eine reichliche Menge Joddampf erzeugt, der in einem guten Strom aus der Mündung niedersank. Dieser purpurne Strom war diamagnetisch in der Luft, und wenn er nicht zu dicht war, konnte man sehen, wie er rechts und links von der axialen Linie abflofs. War er sehr dicht und schwer, so durchbrach er, ungeachtet der Wirkung des Magnets, die axiale Linie; dennoch war augenscheinlich, dafs Jod sich diamagnetisch in Luft verhielt.

Brom. — In den horizontalen Theil der Ausflufsröhre wurde etwas Brom gethan, und darauf mittelst des schon be-

beschriebenen Apparats Luft über dasselbe hinweggeleitet. Es verwandelte sich so viel Brom in Dampf, dafs es die Luft gelb färbte und sie in einem Strom durch die axiale Linie herabsenkte. Ein wenig Ammoniak, in der Nähe des magnetischen Feldes entwickelt, zeigte, dafs dieser Strom diamagnetisch war, und daraus läfst sich unbedenklich folgern, dafs reiner Bromdampf es ebenfalls seyn würde.

Cyan. — Stark diamagnetisch in Luft.

Die Luft als Vergleichungsmaafs genommen, ist es sehr auffallend, dafs, so stark auch die Gase in dem Grade ihres Diamagnetismus von einander abzuweichen scheinen, doch sehr wenige von ihnen nicht diamagnetischer sind als sie; und wenn man die Betrachtung auf die Relation der beiden Hauptbestandtheile der Luft (Sauerstoff und Stickstoff) ausdehnt, mufs der sehr schwache Diamagnetismus (*very low condition*) des Sauerstoffs, welcher in der That die Ursache des verhältnifsmäfsig schwachen Diamagnetismus (*low condition*) der Luft ist, noch auffallender erscheinen. Unter allen bisher geprüften Dämpfen und Gasen scheint der Sauerstoff die schwächste diamagnetische Kraft zu besitzen. Es fragt sich indefs noch, wo er stehe; denn er kann so tief stehen als ein Vacuum, kann selbst auf die magnetische Seite desselben übergehen. Die Erfahrung giebt darüber bis jetzt noch keine Antwort. Ich halte ihn für diamagnetisch, und sehe mich darin bestärkt durch die weiterhin beschriebene Wirkung der Hitze auf ihn. Allein er steht aufserordentlich tief in der Scale, weit unter Chlor, Brom, Jod und ähnlichen Körpern.

Alle Verbindungen von Sauerstoff und Stickstoff scheinen den Einflufs des Sauerstoffgehalts darzuthun. Salpetrige Säure scheint weniger diamagnetisch zu seyn als Luft. Stickstoffoxyd, gemengt mit salpetriger Säure, verhält sich in der Wärme etwa so wie Luft. Stickstoffoxydul ist offenbar diamagnetisch in Luft, obwohl es mehr Sauerstoff enthält; allein es enthält auch mehr Stickstoff als die Luft, ist auch dichter als sie, so dafs hier also mehr Substanz zugegen ist. Dennoch glaube ich begünstigen die Resultate

die Ansicht, dafs Sauerstoff diamagnetisch sey. Aus dem weiterhin beschriebenen Verhalten des Kohlenoxyds zur Kohlensäure wird man ersehen, dafs der Zusatz von Sauerstoff einen Körper weniger diamagnetisch zu machen scheint. Allein die Wahrheit mag seyn, nicht dafs der Sauerstoff wirklich magnetisch ist, sondern dafs ein zusammengesetzter Körper eine specifische diamagnetische Kraft besitzt, welche nicht die Summe der Kräfte seiner Theilchen ist.

Ueber den relativen Grad der diamagnetischen Kraft bei verschiedenen gasigen Körpern läfst sich, so lange sie nur in Luft untersucht sind, schwerlich mehr als eine blofse Muthmafsung aussprechen, weil so viele Umstände die Resultate verwickelt machen. Der erste ist die Unsichtbarkeit der Gase, wodurch man verhindert ist, sie direct mit dem Auge zu verfolgen. Dann kommt der Unterschied im specifischen Gewicht. Ein Gas, welches in einem raschen Strom aufsteigt oder niedersinkt, kann weniger abgelenkt erscheinen als ein anderes, welches, obwohl diamagnetischer, dennoch langsamer fliefst; und was die Gase von nahe gleichem specifischen Gewicht mit der Luft betrifft, so mögen sie stärker oder schwächer diamagnetisch als diese seyn: sie werden dennoch fast ganz in verschiedenen Richtungen zerstreut, so dafs nur wenig in die Fangröhre eintritt. Ein anderer modificirender Umstand ist der Abstand der das Gas liefernden Oeffnung von der axialen Linie, welcher, um das Maximum des Effects zu erhalten, nach dem specifischen Gewicht und der diamagnetischen Kraft verändert werden mufs. Ferner ist es wichtig, das magnetische Feld nicht mit dem zu untersuchenden Gase zu überfüllen, und überhaupt einen mäfsigen Strom anzuwenden, was jedoch wiederum von dem specifischen Gewicht bedingt wird.

Der einzige richtige Weg also, zwei Gase mit einander zu vergleichen, besteht darin, dafs man mit dem einen in dem andern experimentirt. Denn die Versuche fallen, je nachdem sie in Gasen oder in Luft angestellt werden, verschieden aus, und sind von ähnlicher Natur wie die früher mit Lösungen angestellten (*Exper. Res.*, 2362 etc.)[1].

1) Annalen, Bd. 70, S. 30.

Ich veränderte daher bei einigen Versuchen das umgebende Medium, indem ich Gase statt der Luft nahm. Zunächst wählte ich Kohlensäure, da sich leicht mit ihr experimentiren läfst, und sie wahrscheinlich diamagnetischer in Luft ist als irgend ein anderes Gas. (Ich spreche nur von den scheinbaren oder relativen Resultaten.)

Ich falzte aus doppelt genommenem Wachspapier einen Trog oder Kasten, 13 Zoll lang, 5 Zoll breit und 5 Zoll hoch, setzte ihn auf die Enden des grofsen Magneten und legte die zuvor beschriebenen eisernen Ansatzstücke in denselben. Dann bedeckte ich ihn lose durch Glimmertafeln, und bildete so eine lange rechteckige Kammer, welche die Magnetpole und das magnetische Feld einschlofs. Alle Einrichtungen hinsichtlich des magnetischen Feldes, der Ausflufsröhre, der Fangröhren u. s. w., wurden wie früher hergestellt, und zuletzt füllte ich den Kasten mit Kohlensäure durch eine Röhre, welche in einer Ecke eintrat, und versah ihn ab und zu mit frischem Gase, so wie sein früherer Inhalt zu sehr mit Gasen oder Luft verdünnt worden war. Alles entsprach seinem Zweck, und somit wurden die folgenden Resultate leicht erhalten.

Luft ging axial, war weniger diamagnetisch als Kohlensäure.

Sauerstoff ging, wie zu erwarten, zu der Magnetaxe.

Stickstoff ging aequatorial, war also selbst in Kohlensäure diamagnetisch.

Wasserstoff, *Steinkohlengas*, *ölbildendes Gas*, *Salzsäure* und *Ammoniak* gingen in der Kohlensäure aequatorial, und waren in Bezug auf sie schön diamagnetisch.

Kohlenoxyd war in Kohlensäure sehr diamagnetisch. Der Einflufs des Sauerstoffs schien hier sehr gut erläutert zu seyn. Kohlenoxyd und Kohlensäure enthalten bei gleichem Volume gleiche Mengen Kohle; allein das erstere enthält halb so viel Sauerstoff als die letztere. Dennoch ist es diamagnetischer als letztere. Ungeachtet also in der Kohlensäure noch einmal so viel Sauerstoff als in dem Kohlenoxyd enthalten und verdichtet ist, zeigt sich dadurch doch

die diamagnetische Kraft nicht erhöht, sondern vermindert.

Stickstoffoxydul scheint gegen Kohlenoxyd schwach diamagnetisch zu seyn; allein *Stickstoffoxyd* zeigte das entgegengesetzte Verhalten, und ging zu der axialen Linie.

Es scheint demnach, dafs die Kohlensäure, obwohl diamagnetischer als Luft, doch nicht weit von ihr liegt, und diese Lage verdankt sie wahrscheinlich ihrem Sauerstoffgehalt. Dafs Stickstoffoxydul anscheinend ihr nahe liegt, scheint gröfstentheils ebenfalls von dessen grofsem Sauerstoffgehalt abzuhängen. Dennoch ist klar, dafs die Wirkung nicht in *directem* Verhältnifs zum Sauerstoff steht, denn sonst würde gemeine Luft diamagnetischer seyn als sie beide. Es scheint vielmehr, dafs die Kräfte modificirt werden, wie auch beim Eisen und Sauerstoff der Fall ist, und dafs jeder zusammengesetzte Körper seine eigenthümliche, aber constante Wirkungs-Intensität besitzt.

Um ähnliche Versuche in leichten Gasen anzustellen, wurden die beiden Ansatzstücke des Magneten abgehoben (*raised*), so dafs sie bedeckt werden konnten mit einer französischen Glasglocke (*french glass shade*), welche mit ihrem Untersatz (*stand*) eine sehr gute Kammer um sie her bildete. Die Röhre zum Hineinleiten und Verändern des gasigen Mediums, so wie die, durch welche das zu versuchende Gas als Strom in das magnetische Feld gebracht werden sollte, gingen durch Löcher in dem Boden des Untersatzes. Die Gase, welche mit denen als Media angewandten verglichen werden sollten, waren, ausgenommen beim Ammoniak und Chlor, mit einer Spur von Salzsäure gemengt, wie zuvor beschrieben worden. Es wurden zwei gasige Media angewandt, Steinkohlengas und Wasserstoff. Bei Anwendung des ersteren beobachtete ich die Richtung der Ströme von anderen Gasen in demselben dadurch, dafs ich ein in Ammoniakflüssigkeit getauchtes und am Ende eines Drahts befestigtes Papierstückchen dem Strome nahe brachte. Beim Wasserstoffgase verbreitete ich zuerst darin ein wenig Ammoniak.

Luft — ging im *Steinkohlengase* zur axialen Linie, ward aber nicht stark ergriffen.

Sauerstoff — schien im Steinkohlengase stark magnetisch zu seyn, indem es mit großer Heftigkeit zur Magnetaxe ging und darum hängen blieb (*clinging about it*). Wenn zu der Zeit eigends viel Salmiakrauch gebildet worden, wurde der Sauerstoff mit solcher Kraft in das magnetische Feld gezogen, dafs er an den Enden der Magnetpole haften (*hide*) blieb. Unterbrach man dann die magnetische Action für einen Augenblick, so sank diese Wolke vermöge ihres Gewichts herunter; allein wenn sie auch schon unter den Polen war, fuhr sie doch, wenn der Magnet wieder in Thätigkeit gesetzt ward, sogleich in die Höhe und nahm ihre frühere Stelle ein. Die Anziehung von Eisenfeilicht zu einem Magnetpol ist nicht auffallender als die Erscheinung, welche der Sauerstoff unter diesen Umständen zeigt.

Stickstoff, — deutlich magnetisch in Steinkohlengas.

Oelbildendes Gas, *Kohlenoxyd* und *Kohlensäure* waren alle mehr oder weniger diamagnetisch im *Steinkohlengase*.

Als *Wasserstoff* statt des Steinkohlengases als umgebendes Medium genommen wurde, wurde besondere Sorgfalt auf die Versuche verwandt. Mit jedem Gase wurde wenigstens zwei Mal experimentirt, und bei dem letzteren Mal das Wasserstoffgas erneut.

Luft — ging axial im Wasserstoff, wenn sehr wenig Rauch darin war. Wenn sich aber viel Rauch in ihrem Strom befand, war sie entweder indifferent oder strebte aequatorial zu gehen. Ich glaube Luft und Wasserstoff können nicht weit von einander stehen.

Stickstoff — ist auffallend diamagnetisch in Wasserstoff.

Sauerstoff — ist gegen Wasserstoff so schlagend magnetisch wie gegen Steinkohlengas, und zeigt die schon beim letzteren beschriebenen Erscheinungen. Als der Sauerstoffstrom etwas neben der axialen Linie herabging, wurde seine centrifugale Kraft in Bezug auf diese Linie so aufgewogen durch die von der magnetischen Action erzeugte centripetale Kraft, dafs er anfangs in einem regelmäfsigen Ringe

um die axiale Linie rotirte, und dann eine Wolke bildete, die fortfuhr um dieselbe zu wirbeln, so lange die Magnetkraft unterhalten ward, aber sogleich zu Boden der Kammer fiel, so wie diese Kraft entfernt ward.

Stickstoffoxydul. — Diefs Gas war in Wasserstoff deutlich diamagnetisch und veranlafste, weil es auf den Sauerstoff folgte, ein sehr schönes Resultat. Beim Beginn des Versuchs ging nämlich das Bischen Sauerstoff, welches in der Ausflufsröhre geblieben war, axial; so wie dasselbe aber ausgetrieben war und Stickstoffoxydul erschien, änderte der Strom seine Richtung und ging in der auffallendsten Weise diamagnetisch.

Stickstoffoxyd. — Diefs Gas ging in Wasserstoff eben so (*equally*), und ist daher in Bezug auf diesen diamagnetisch (*magnetic*).

Ammoniak — diamagnetisch in Wasserstoff.

Kohlenoxyd, Kohlensäure und *ölbildendes Gas* waren diamagnetisch in Wasserstoff, das letztere am meisten, und die Kohlensäure anscheinend am wenigsten.

Chlor — war im Wasserstoff schwach diamagnetisch, war es aber deutlich, allein die Rauchtheilchen könnten viel zu der Kleinheit des Effects beigetragen haben.

Chlorwasserstoffgas — war, glaube ich, ein wenig diamagnetisch im Wasserstoff.

Ungeachtet der vielen störenden Ursachen, welche erste und hastige Versuche dieser Art beeinträchtigen und Resultate hervorbringen, die einander zuweilen widersprechen, ergeben sich doch, wenn man die Gase mit einander bei derselben Temperatur vergleicht, einige sehr auffallende Betrachtungen. Vornehmlich ist es unter diesen der Ort des Sauerstoffs, denn er ist unter allen bis jetzt untersuchten Gasen das wenigst diamagnetische, und scheint in dieser Beziehung ganz abgesondert von den übrigen zu stehen. Die Eigenschaft des Stickstoffs, höchst diamagnetisch zu seyn, ist ebenfalls wichtig. Die Stelle des Wasserstoffs als weniger diamagnetisch denn Stickstoff, und die des Chlors, welches, statt sich dem Sauerstoff zu nähern, über dem Was-

serstoff steht, und auch die des Jods, welches wahrscheinlich noch weit über dem Chlor steht, sind bemerkenswerthe Umstände.

Die *Luft* verdankt natürlich ihre Stelle dem diamagnetischen Charakter des in ihr enthaltenen Sauerstoffs und Stickstoffs. Der grofse Unterschied zwischen diesen beiden Körpern in magnetischer Beziehung und das auffallende Verhalten des Sauerstoffs im Steinkohlen- und Wasserstoffgase, Körpern, die in diamagnetischer Kraft nicht weit vom Stickstoff stehen, liefsen mich glauben, es möchte nicht unmöglich seyn, die Luft blofs durch magnetische Kraft in ihre zwei Hauptbestandtheile zu zerlegen. Ich machte zu dem Ende einen Versuch, zwar ohne Erfolg, aber doch nicht überzeugt, dafs er nicht einmal gelingen könne. Denn seitdem wir gewisse Gase, und besonders die genannten, durch ihre magnetischen Eigenschaften wirklich unterscheiden können, scheint es nicht unmöglich, dafs eine hinlängliche Kraft sie aus ihrem Mischungszustande abzusondern vermöge.

Im Laufe dieser Versuche unterwarf ich mehre der Gase der Hitze, um zu ermitteln, ob ihre diamagnetische Kraft im Allgemeinen dieselbe Erhöhung erleide, wie die der gemeinen Luft. Zu dem Ende steckte ich einen schraubenförmigen Platindraht in die Mündung der Ausflufsröhre, welche sich unter der Magnetaxe zwischen den Polen befand. Der Platindraht konnte durch eine kleine Volta'sche Batterie auf jede Temperatur erhoben, und durch denselben irgend ein Gas, mittelst des schon beschriebenen Woulf'schen Apparats, aufwärts quer durch das magnetische Feld gesandt werden. Es liefs sich entweder mit den Fingern durchs Gefühl oder mit einem Metallthermometer, bestehend aus einer Platin-Silberspirale, in einer Röhre darüber, leicht ermitteln, ob das Gas direct zwischen den Polen aufstiege, oder, bei Erregung des Magnets, diese Richtung verliefse und zwei aequatoriale Seitenströme bildete. In jedem Fall war das heifse Gas diamagnetisch in Luft, und ich glaube stärker als bei gewöhnlicher Temperatur. Die versuchten Gase waren folgende: *Sauerstoff*, *Stickstoff*, *Wasserstoff*,

Stickstoffoxydul, *Kohlensäure*, *Salzsäure*, *Ammoniak*, *Steinkohlen-* und *ölbildendes Gas*.

Da aber bei diesen Versuchen die umgebende Luft sich nothwendig mit dem erhitzten Gase mischte und somit in That einen Theil des erhitzten Stroms ausmachte, so ordnete ich den Platindraht so an, dafs ich ihn in einem gegebenen Gase erhitzen und solchergestalt ein und dasselbe Gas bei verschiedenen Temperaturen mit sich selbst vergleichen konnte.

Ein Strom von *heifsem Sauerstoff* in *kaltem* Sauerstoff war stark diamagnetisch. Wie stark die Wirkung war, mag man aus folgenden Umständen beurtheilen. Als der schraubenförmige Platindraht unter der axialen Linie in's Glühen versetzt wurde, wirkte die Hitze auf das Metallthermoskop in der Röhre über der axialen Linie so stark, dafs sein unteres Ende anderthalb Umdrehungen machte oder 540° zeigte. Nach Erregung der Magnetkraft kehrte die Spirale durch diese ganze Drehung wieder in ihre anfängliche Lage zurück, wie wenn der glühende Platindraht darunter auf die gewöhnliche Temperatur herabgekommen oder fortgenommen wäre, und dennoch war in dieser Beziehung nichts geändert worden. Bei Unthätigkeit des Magnets nahm der heifse Sauerstoffstrom sogleich wieder seinen senkrecht aufsteigenden Weg, und erhitzte das Thermoskop wie zuvor.

Beim Experimentiren mit *Kohlensäure* fand sich, dafs die *heifse* diamagnetisch war in *kalter*, und scheinbar waren die Wirkungen eben so stark wie beim Sauerstoff.

Mit *Wasserstoff* erhielt ich in Bezug auf das heifse und kalte Gas kein Resultat, und zwar aus dem Grunde, weil ich weder mit noch ohne magnetische Wirkung irgend eine Anzeige von Erhitzung an dem darüber befindlichen Thermoskop wahrnehmen konnte, obwohl der Platindraht nur einen Zoll darunter war und fast weifs glühte. Diefs entspringt, glaube ich, gröfstentheils von der Schnelligkeit, mit welcher der Wasserstoff sich, in Vergleich mit anderen Gasen, erhitzt und abkühlt, so wie auch von der Nähe der

kalten Eisenmassen, welche die Magnetpole bildeten, und zwischen denen das heifse Gas seinen Weg aufwärts zu nehmen hatte. Höchst wahrscheinlich hängt es zusammen mit der von Hrn. Grove beobachteten Thatsache des schwierigen Erglühens eines Platindrahts in Wasserstoff.

Wenn der glühende Schraubendraht in Steinkohlengas gebracht ward, erwies sich das heifse Gas als diamagnetisch gegen das kalte, wie in allen anderen Fällen. Hier wurde überdiefs ein ähnlicher Effect beobachtet wie früher beim Wasserstoff; denn, bei Abwesenheit der magnetischen Action, vermochte der aufsteigende Strom des heifsen Steinkohlengases die thermoskopische Spirale nur um 280° bis 300° zu drehen, statt der obigen 540°, um welche sie sich drehte, wenn das umgebende Gas aus Sauerstoff, Luft oder Kohlensäure bestand, und diefs selbst, wenn der Schraubendraht im Steinkohlengase eine höhere Temperatur hatte als in irgend einem dieser Gase.

Es ist also klar, dafs Sauerstoff, Kohlensäure und Steinkohlengas heifs diamagnetischer sind als kalt. Dasselbe gilt von der Luft; da die Luft zu vier Fünfteln aus Stickstoff und nur zu einem Fünftel aus Sauerstoff besteht, und sie dennoch eine eben so starke Wirkung dieser Art als der Sauerstoff zeigt, so ist klar, dafs auch der heifse Stickstoff dasselbe Verhalten gegen kalten zeigt.

Wegen der übrigen Gase hege ich keinen Zweifel, obgleich sie, um ganz sicher zu seyn, in Atmosphären ihrer eigenen Substanz oder vielmehr in Gasen, die bei gewöhnlicher Temperatur diamagnetischer als sie sind, untersucht werden müfsten. Oelbildendes und Steinkohlengas ertragen leicht eine volle Rothglühhitze des Schraubendrahts, sobald sie aus der Ausflufsröhre getreten sind; beim Wasserstoff mufs der Schraubendraht eine niedrigere Temperatur besitzen. Salzsäure und Ammoniak zeigen das Zerfallen des einen Stroms in zwei sehr schön, wenn man blaues oder rothes Lackmuspapier darüber hält.

Zum Beobachten der diamagnetischen Beschaffenheit der Flamme und zum Experimentiren mit verschiedenen Gasen

giebt es noch eine andere Methode, die zuweilen nützlich ist, und jedenfalls gekannt seyn mufs, weil sie sonst leicht zur Verwirrung führen könnte. Ich besitze ein Paar Polstücke, welche horizontal durchbohrt sind, damit ein Lichtstrahl durchgehen könne. Die gegenüberstehenden Seiten dieser verticalen Pole sind nicht, wie die früheren, abgerundete Enden von Kegeln, sondern können, obwohl sie abgerundete Kanten besitzen, als flach betrachtet werden auf einer Fläche von einem Zoll im Durchmesser. Die Durchbohrungen haben die Form eines Kegels, dessen Abstumpfung in dieser flachen Seite mehr als einen halben Zoll im Durchmesser hält. Als diese Polstücke aufgesetzt wurden, 0,3 bis 0,4 Zoll von einander, blieb eine Kerzenflamme, die frei zwischen ihnen brannte, nach Erregung des Magnets auf einige Momente unafficirt; allein dann änderte sie plötzlich ihre Form, dehnte sich axial aus, und ergofs sich in zwei horizontale Zungen, welche in die Durchbohrungen der Pole eintraten; diefs dauerte so lange als der Magnetismus unterhalten ward und kein Theil ging aequatorial.

Bei Anwendung einer grofsen Flamme, erhalten mittelst eines Baumwollenballs und Aethers, konnten durch die Kraft des Magnetismus zwei Arme zur Flamme herausgetrieben werden, die, wie zuvor, aequatorial gingen, und überdiefs drangen zwei andere Arme in die Duchbohrungen der Magnetpole, und traten zuweilen an den entgegengesetzten Seiten derselben wieder aus.

Standen die Pole nur 0,25 Zoll aus einander und befand sich die rauchende Kerze mitten zwischen ihnen, im Niveau der Durchbohrungen, so war der Effect sehr gut; denn der Rauch ging axial und trat an den abgewandten Enden dieser Pollöcher wieder aus.

Steinkohlengas, an derselben Stelle entwickelt, ging auch axial, d. h. in die Pollöcher und parallel der sie verbindenden Linie.

Ein wenig Ueberlegung führt leicht zur wahren Ursache dieser Erscheinungen, und zeigt, dafs sie nicht unver-

einbar sind mit den früheren Resultaten. Das Gesetz aller dieser Wirkungen ist: dafs wenn ein stärker diamagnetisches (oder weniger magnetisches) Theilchen sich unter andern Theilchen befindet und sich frei bewegen kann, es von stärkeren Orten der magnetischen Action zu schwächeren geht, und auch dafs weniger diamagnetische Theilchen von schwächeren Wirkungsorten zu stärkeren gehen. Bei den eben beschriebenen Polen fallen nun die Linie oder Linien der Maximum-Kraft nicht zusammen mit der Axe der Durchbohrungen der Pole, sondern liegen in einem Kreise, dessen Durchmesser vermuthlich etwas gröfser als der der Löcher ist; und die Linien innerhalb dieses Kreises sind von geringerer Kraft, nehmen gegen den Mittelpunkt hin an Kraft ab. Ein heifses Theilchen innerhalb des Kreises wird also einwärts getrieben, und, gedrängt durch die ihm folgenden, auch einwärts getriebenen Theilchen, nimmt es seinen Weg zu dem anderen Ende der Oeffnung hinaus, und scheint so in axialer Richtung zu gehen; ein heifses Theilchen aufserhalb des Kreises von Linien der Maximum-Kraft wird dagegen auswärts getrieben, und bildet sonach mit andern, die beiden Zungen der Flamme, welche in aequatorialer Richtung gehen. Durch zweckmäfsiges Herumführen einer glimmenden Kerze läfst sich der Kreis von Linien des Maximums magnetischer Intensität sehr schön nachweisen, und wenn man sie innerhalb oder aufserhalb dieses Kreises hält, kann man den Rauch nach Belieben axial oder aequatorial gehen lassen.

Ich richtete nach diesem Princip einen Apparat ein, um die Gase zu versuchen, fand aber keinen der besser oder so gut gewesen wäre als der beschriebene.

Diefs sind die Resultate, welche ich bei Bestätigung und Erweiterung der Entdeckung des Hrn. Bancalari erhalten habe. Ich würde sie weiter verfolgt haben, aber der gegenwärtige Zustand meiner Gesundheit erlaubt es nicht; ich sende sie Ihnen daher wahrscheinlich mit vielen Unvollkommenheiten. Es ist nun fast bewiesen, dafs viele gasige Körper sich diamagnetisch verhalten. und wahrscheinlich

werden es alle thun. Ich sage: fast bewiesen, denn es ist bis jetzt in der That noch nicht bewiesen. Dafs viele, ja die meisten gasigen Körper der magnetischen Kraft unterworfen sind, ist bewiesen; aber der Nullpunkt ist bis jetzt noch nicht aufgefunden. Ehe dieser aber nicht aufgefunden ist, können wir nicht sagen, welche Gase zu den diamagnetischen Körpern gehören, und welche zu den magnetischen, und eben so, ob nicht einige auf dem Nullpunkt liegen. Offenbar ist es nicht unmöglich, dafs Gase oder Dämpfe magnetisch sind, und andere weder magnetisch noch diamagnetisch. Die Entscheidung dieser Punkte gebührt dem Experiment, und ehe ein solcher Beweis nicht gegeben ist, läfst sich keine bestimmte Antwort aussprechen.

Was mich betrifft, so habe ich immer geglaubt, dafs das Vacuum der Nullpunkt sey, und in Wirklichkeit kein Körper auf diesen liege. Allein, wiewohl ich mich gehütet habe, mehr auszusprechen als ich weifs, so scheinen doch Zantedeschi (auch De la Rive) und einige Andere zu glauben, ich habe behauptet, die Gase seyen *nicht* der magnetischen Wirkung unterworfen, wogegen ich nur zu sagen wünschte, dafs ich es nicht finden konnte, und dafs sie es vielleicht nicht sind. Ich will daher einige Worte aus meinen *Experiment. Researches* anführen. Wo ich von der Bereitung eines auf dem Nullpunkt liegenden flüssigen Mediums spreche, sage ich: »So wurde ein *flüssiges* Medium erhalten, welches practisch, so weit ich sehen kann, jeden magnetischen Charakter und jede Wirkung eines Gases und *selbst eines Vacuums* hat etc. (*Exp. Res.* 2423) [1]).« Ferner sage ich (2433). »Einst glaubte ich, Luft und Gase, als Körper, die sich ohne Zusatz verdünnen lassen, würden dabei entsprechende Veränderungen in ihren magnetischen Eigenschaften zeigen; allein nun *scheint* durch Verdünnung all solche Kraft fortgenommen zu werden.« Und weiter unten (2435): »Zu entscheiden, ob die negativen Resultate bei Gasen und Dämpfen davon herrühren, dafs in einem gegebenen Volum eine *kleinere Menge*

1) Annalen, Bd. 70, S. 45.

Materie vorhanden ist, oder ob sie directe Folgen des geänderten physischen Zustandes der Substanz seyen, ist ein Punkt von grofser Wichtigkeit für die Theorie des Magnetismus. Ich habe zur Erläuterung der Sache einen Versuch erdacht etc., finde aber grofse Schwierigkeit in seiner Ausführung etc.« Glücklicherweise hat nun Hr. Bancalari's Entdekkung diesen Gegenstand für uns in der befriedigendsten Weise erledigt. Allein, wo der wahre Nullpunkt liege, oder dafs jeder Körper diefs- oder jenseits mehr oder weniger von ihm entfernt liege, ist bisher noch nicht experimentell gezeigt oder bewiesen.

Ich kann diesen Brief nicht ohne die Hoffnung schliefsen, dafs, da nun Gase sich als magnetisch erwiesen haben, in Kurzen auch welche gefunden werden, die, unter magnetischem Einflufs, auf das Licht zu wirken vermögen (*Exp. Research.* 2186, 2212) [1]). Eben so kann ich nicht unterlassen, darauf zu verweisen, welche sehr merkwürdige und directe Relation zwischen Wärme und Magnetismus aus den Versuchen über die Flamme und die erhitzten Gase hervorgeht. Früher (*Exp. Research.* 2397) [2]) habe ich keine merkliche Einwirkung der Wärme auf starre diamagnetische Körper wahrnehmen können; allein ich werde die Versuche wiederholen und weiter ausdehnen, wenn diefs nicht schon von den italiänischen Physikern geschehen ist. Was die Wirkung auf die diamagnetischen Gase betrifft, so geht dieselbe in gleicher Richtung wie die der Wärme auf Eisen, Nickel und Kobalt, d. h. in beiden Fällen strebt die Wärme entweder die magnetische Kraft zu verringern oder die diamagnetische zu erhöhen; allein bis jetzt sind der Resultate noch zu wenig für eine allgemeine Folgerung.

Da die Luft sich bei verschiedenen Temperaturen verschieden diamagnetisch verhält, und da die Atmosphäre in ihren oberen und unteren Schichten verschiedene Temperaturen besitzt, sie auch beständig dem magnetischen Ein-

1) Annalen, Bd. 86, S. 117 und 124.

2) Annalen, Bd. 70, S. 38.

flufs der Erde ausgesetzt ist, so kann diefs wohl eine allgemeine Wirkung auf ihre Bewegung ausüben.

Der Kürze halber habe ich in diesem Briefe oft von Körpern als magnetisch oder diamagnetisch gegen einander gesprochen; allein hoffentlich (*I trust*) kann daraus kein Mifsverständnifs hinsichtlich meiner Meinung oder irgend ein vager Begriff hinsichtlich der klaren Unterscheidung beider Klassen entspringen, besonders da ich meine Ansicht über den wahren Nullpunkt erst auf der vorvorletzten Seite angegeben habe.

IV. *Ueber die Bewegungen der Flamme unter elektromagnetischem Einflufs; vom Prof. Zantedeschi.*

Zu allen Zeiten haben die ausgezeichnetsten Physiker die Universalität des Magnetismus der Körper behauptet, und nur Faraday hat in unseren Tagen die expansiblen Flüssigkeiten auf den Nullpunkt der Wirkungsscale magnetischer und diamagnetischer Körper gesetzt [1]). Am 21. Sept. 1847 hat der Pater Bancalari, Prof. der Physik an der K. Universität zu Genua, in der physikalischen Section der neunten Versammlung italiänischer Naturforscher eine Abhandlung über die Universalität des Magnetismus vorgelesen; und sein Argument wurde von den Physikern für so wichtig gehalten, dafs der Wunsch entsprang, die Wirkung des Magnetismus auf expansible Flüssigkeiten der Hauptsache nach zu verificiren. In der Sitzung vom 27. Sept. wurde von dem Berichterstatter Belli angekündigt, dafs eine Flamme, die in Gegenwart mehrer Physiker zwischen die Pole eines Elektromagnets gestellt worden, im Augenblick der Herstellung des elektrischen Stroms eine Abstofsung erfahren, und, bei Unterbrechung desselben, sogleich wie-

1) *Raccolta fisico-chimica italiana*, *T. III. Dei corpi magnetici e diamagnetici.*

der in ihre anfängliche Lage zurückgekehrt wäre. Diese Entdeckung erhielt in der Sitzung vom 28. Sept. ihr wohl verdientes Lob von dem Generalsecretär und dem Secretär der physikalischen Section.

Einige wünschten den Bancalari'schen Versuch zu sehen, und da eine Daniell'sche Batterie von zehn, 18 Centimeter im Durchmesser haltenden Elementen bereit stand, so bemühte ich mich den Versuch im physikalischen Kabinet des K. K. Lyceums zu Venedig zu wiederholen; allein es gelang mir nicht das angegebene Phänomen zu erblicken, obwohl mein temporärer Magnet eine Tragkraft von mehr als 48 Kilogrm. besafs. Da es mein Grundsatz ist, dafs ein negatives Argument niemals ein positives aufhebt, so wandte ich mich an den Mechaniker Cobres, um nähere Auskunft über die Einrichtung des Apparates zu erhalten. Belli spricht nicht von ihr in seinem Bericht, und dem Prof. Zambra, Secretär der Section, war sie entfallen. Ich wufste, dafs die beiden Stücke von weichem Eisen, die den unterbrochenen Anker bildeten, in axialer Richtung durchbohrt waren. Ich vermuthete, die Repulsion der Flamme sey nicht die unmittelbare Wirkung des Magnetismus gewesen, sondern die zweier Luftströme, die, entstanden durch eine vom Magnetismus erzeugte Wirbelbewegung, wie sie der berühmte Faraday in Flüssigkeiten beobachtet hat, zu den Oeffnungen des durchbohrten Ankers heraustraten; und ich wurde in dieser Vermuthung bestärkt durch die negativen Versuche, welche ich in Venedig mit vollen Ankern angestellt hatte. Bei meiner Ankunft in Turin äufserte ich meine Zweifel den beiden wohlbekannten Mechanikern Jest, Vater und Sohn, die mit ihrer professionellen Geschicklichkeit eine seltene Artigkeit verbinden. Sie versahen mich bald aus ihrer Werkstatt mit einem Bunsen'schen Apparat und verfertigten, zur Bildung des unterbrochenen Ankers, Ansatzstücke von weichem Eisen, sowohl volle als hohle, parallelepipedische und cylindrische, wie ich es ihnen bezeichnet hatte. In ihrer Gesellschaft habe ich die Versuche wiederholt. Der tempo-

räre Magnet, von Hufeisenform, bestand aus einem $0^m,335$ langem und $0^m,015$ dickem Cylinder von weichem Eisen, und seine elektro-magnetische Spirale war gebildet aus einem 33 Meter langem und 1,33 Millimeter dickem Kupferdraht. Der innere Abstand der Pole betrug $0^m,027$. Die beiden soliden Parallelepipede, welche den unterbrochenen Anker bildeten, waren $0^m,04$ lang, und hielten in den Seiten $0^m,011$ und $0^m,006$; die hohlen Ansatzstücke waren $0^m,035$ lang und von $0^m,009$ Seite. Sie wurden bei aufrechter Stellung des Magnets auf die Pole gelegt, vier bis fünf Millimeter auseinander. Vor den Zwischenraum, der die Ansatzstücke trennte, wurde die Flamme einer kleinen Kerze, einer kleinen Oel- oder Weingeistlampe gestellt, so daſs sie mit ihrer Spitze beinahe um ein Viertel der Dicke der Ansatzstücke über diese hervorragte. Die Volta'sche Batterie wurde durch Kupferdrähte geschlossen und die metallischen Verknüpfungen wurden sowohl an den Magneten als an den Säulen durch Klemmschrauben bewerkstelligt. Einer der Drähte war in zwei gleiche Stücke zerschnitten, und die Enden wurden in Quecksilbernäpfe getaucht, um so die Batterie nach Belieben zu schlieſsen und zu öffnen.

Beständig habe ich beim Schlieſsen der Batterie eine Abstoſsung beobachtet, die während der ganzen Dauer der Unterhaltung des Magnetismus verweilte, und beim Oeffnen der Batterie sah ich die Flamme in ihre ursprüngliche Stellung zurückkehren.

Wohl befriedigt in dieser Weise die wichtige Thatsache, welche ihrem Entdecker Ehre bringt, bestätigt zu haben, begab ich mich an das weitere Studium derselben, und fand:

I. *Daſs sie sowohl mit vollen als mit hohlen Ansätzen von weichem Eisen stattfindet,* weshalb ich meinen Verdacht, daſs die Bewegung der Flamme von Luftströmen herrühre, fallen lieſs; ich überzeugte mich, daſs sie eine unmittelbare Wirkung des Magnetismus auf die Flamme ist, — eine Thatsache von gröſster Wichitigkeit für die Wissenschaft.

II.

II. *Dafs die Abstofsung, wenn sie ganz deutlich und die Flamme ganz rein ist, und sich in einer wohlgestalteten Spitze endigt, von einer Herabdrückung (Abbassamento) begleitet ist.* Abstofsung und Herabdrückung werden beim Schliefsen der Batterie gleichzeitig beobachtet, wie das Zurückkehren und Aufsteigen derselben beim Oeffnen.

III. *Dafs, unter sonst gleichen Umständen, der gröfste Effect stattfindet, wenn die Flamme den Scheitel (convesso) der von Eisenfeilicht angezeigten Magnetcurven berührt.*

IV. *Dafs die Wirkung Null oder fast Null ist, wenn die Flamme in die Mitte des die beiden Ansätze trennenden Zwischenraums gestellt wird.*

V. *Dafs zum Auftreten der eben angegebenen Erscheinungen nicht nothwendig eine völlige Trennung der Ansatzstücke erforderlich ist.* Sie können unter einem Winkel gestellt werden und sich an den Kanten berühren; dennoch zeigt eine in die Grundlinie des Dreiecks gestellte Flamme im Allgemeinen die beiden angegebenen Erscheinungen.

VI. *Dafs es für die Ansatzstücke eine gewisse Masse giebt, welche am wirksamsten ist; jenseits einer Gränze, die sich durch den Versuch erweisen läfst, bringt eine Vermehrung der Masse eine Verringerung des Effects hervor.* Darin finde ich die Ursache meiner negativen Resultate, die ich zu Venedig bei meinen ersten Versuchen erhielt.

VII. *Dafs die Bewegungen der Flamme zunehmen mit der Zahl der Plattenpaare* [1]). *Mit Einem Plattenpaare konnte ich keine Wirkung wahrnehmen; mit zwei begann die Bewegung sich zu zeigen; mit drei wurde sie deutlich und sie wuchs mit vermehrter Zahl von Plattenpaaren bis zu zehn, welches die gröfste war, welche ich zu diesem Versuche an-*

1) Am letzten Abend verfertigten die HH. Jest für mich einen Elektromagneten von kreisrunder Gestalt, unterbrochen durch einen prismatischen Ausschnitt von zwei Millimet. Länge. Ohne Ansatzstücke zu erfordern, gab derselbe die Erscheinungen deutlich mit einem einzigen Plattenpaar. Die Bewegungen der Flamme waren am auffallendsten je näher dieselbe dem Querschnitt war.

wenden konnte. Die Plattenpaare waren von der bekannten gewöhnlichen Gröfse.

Bei Wiederholung der obigen Versuche wurde die Vorsicht getroffen, den Apparat mit einer oben offenen Glocke zu bedecken, die auf zwei Scheiben stand, und der Luft, zur Unterhaltung der Verbrennung, einen freien Zugang gestattete. Auf diese Weise waren alle Störungen vermieden.

Beim Schlusse dieses Aufsatzes darf ich nicht vergessen zu erwähnen, dafs der berühmte Prof. Gazzaniga, ausgehend von seinen zahlreichen Versuchen, durch welche er, jedoch in anderer Weise als Bancalari, den Einflufs des Magnetismus auf dieselben luftförmigen Flüssigkeiten erwiesen hat, veranlafst worden ist, die Sonne und die übrigen Himmelskörper als grofse Magnete zu betrachten, und festgestellt hat, dafs die Attraction nicht anders sey als die Wirkung des Magnetismus der grofsen in ungeheurer Entfernung liegenden Himmelskörper, — eine Idee, die 1846 in Preufsen und 1847 in Frankreich reproducirt wurde [1]), wie wir aus den *Comptes rendus* der Pariser Academie der Wissenschaften ersehen. Das Geheimnifs der ohne Zwischenglied in die Ferne wirkenden Attraction würde dadurch gehoben seyn (wohl schwerlich! *P.*), und die Erscheinungen der Attraction würden wieder eintreten in die Klasse der der gewöhnlichen Dynamik.

Aus der *Gazz. Piemont.*, 1847 Oct. 12, No. 242.

V. *Ueber die elektromotorische Kraft der Daniell'schen Kette; von A. F. Svanberg.*

Beim Gebrauche der hydro-elektrischen Kette nach Daniell's Construction ist es selten, dafs verschiedene Mes-

1) Sie findet sich schon bei Keppler, und ist später mehrmals, lange vor dem Jahre 1846, wieder hervorgesucht worden. *P.*

sungen einen gleichen Zahlenwerth für ihre elektromotorische Kraft ergeben. Als ich mich damit beschäftigte, die Umstände, auf denen diese Verschiedenheiten beruhen, zu untersuchen, ist es mir gelungen, sie vorauszusehen, und sie so zu entfernen, dafs die Schwankungen beim Messen der elektromotorischen Kraft, auf einen Werth von 16 Ganzen, nicht eine Einheit in der zweiten Decimale übersteigen. Diese Messungen sind in Bezug auf die Theorie vom Ursprung der Elektricität in der hydro-elektrischen Kette sehr belehrend, und dürften daher Diejenigen interessiren, die sich mit dergleichen Untersuchungen beschäftigen. Ueberdiefs sind die erhaltenen Resultate von practischer Wichtigkeit für Alle, welche sich der Daniell'schen Kette zu genaueren Untersuchungen bedienen wollen.

Die elektromotorische Kraft ist nach der Wheatstone'schen Methode mittelst eines Rheostats gemessen. Dieses wurde, zugleich mit einem genau getheilten und mit einem Mikroskop versehenen Galvanometer in die geschlossene Kette gebracht, und darauf der Galvanometernadel, mittelst des Rheostats, successiv die Ablenkung 42° und 35° gegeben. Der Unterschied der Ablesungen am Rheostat ist dabei ein Maafs der elektromotorischen Kraft, wenn man zur Einheit diejenige Kraft nimmt, welche bei genau einer Umdrehung den galvanometrischen Ausschlag von 42° auf 35° herabbringen würde [1]).

1) Der Grund hievon ist folgender: Bezeichnet man mit S und S' die den Ablenkungen 42° und 35° entsprechenden Stromstärken, mit K die elektromotorische Kraft, mit r und r' die zu jenen Stromstärken erforlichen Rheostatwindungen, mit R die Summe aller übrigen Widerstände in der Kette, so ist:

$$S = \frac{K}{R + r} \quad ; \quad S' = \frac{K}{R + r'}.$$

Für eine andere Kraft K' und einen anderen Widerstand R', seyen ϱ und ϱ' die zur Erlangung derselben Stromstärken nöthigen Rheostatwindungen, so ist:

$$S = \frac{K'}{R' + \varrho} \quad ; \quad S' = \frac{K'}{R' + \varrho'}.$$

Durch den Vergleich der beiden Stromstärken S erhält man:

Um eine vollkommen gleichartige Kupferfläche zu erhalten, ist es nothwendig, die Kupferplatte sich erst mit galvanisch gefälltem Kupfer bekleiden zu lassen; eben so ist es nothwendig, die Zinkplatte vollkommen zu reinigen, am besten durch einen in starke Salpetersäure getauchten Pfropfen, worauf man sie abspülen und sogleich gebrauchen mufs. Auch mufs man die Kette wenigstens einige Stunden in Wirksamkeit lassen, und dann, vor dem Versuch, die Flüssigkeit sowohl in der Kupfer- als in der Zinkzelle erneuen. Die nachfolgenden Versuche beweisen nämlich, dafs die elektromotorische Kraft bis zu einem gewissen Grad von der Concentration der Kupferlösung abhängt, gleich wie von der Zusammensetzung und Concentration der Lösung, in welcher das Zink sich befindet. Um nicht die Untersuchungen verwickelt zu machen durch eine aus gegenseitiger Einwirkung der Flüssigkeiten entspringende starke elektromotorische Kraft, habe ich es für nöthig gehalten, beide, die Kupfer- und die Zinkzelle, mit Lösungen derselben Säure, nämlich Schwefelsäure, zu füllen, so dafs das Kupfer sich in einer Lösung von $\dot{C}u\dddot{S}$ und das Zink entweder in einer von $\dot{K}\dddot{S}$ oder von $\dot{Z}n\dddot{S}$, oder auch in verdünnter Schwefelsäure befand.

$$K(R'+\varrho)=K'(R+r) \text{ oder } KR'-K'R=K'r-K\varrho,$$

und durch den der beiden Stromstärken S':

$$KR'-K'R=K'r'-K\varrho',$$

und daraus endlich:

$$K'r-K\varrho=K'r'-K\varrho' \text{ oder } K(\varrho'-\varrho)=K'(r'-r).$$

Nimmt man die Kraft $K'=1$ und den entsprechenden Unterschied $\varrho'-\varrho=1$, so kommt:

$$K=r'-r.$$

[Die Wheatstone'sche Methode ist lediglich dadurch von der alten Ohm'schen verschieden, dafs zu allen Messungen dieselben Stromstärken benutzt werden. Aus den beiden ersten Gleichungen ergiebt sich bekanntlich:

$$K=\frac{SS'}{S-S'}(r-r'),$$

also ist K, bei constanten Werthen von S und S', dem Unterschiede $r-r'$ proportional. *P.*]

Für die elektromotorische Kraft *k* ergaben sich nun folgende Werthe:

No. 1. Zink in nicht ganz gesättigter Lösung von $\dot{\mathrm{Zn}}\,\dddot{\mathrm{S}}$.

a)	Kupfer in sehr verdünnter, nur schwach gefärbter Lösung von $\dot{\mathrm{Cu}}\,\dddot{\mathrm{S}}$	$k=15{,}58$
b)	Kupfer in einer concentrirten Lösung von $\dot{\mathrm{Cu}}\,\dddot{\mathrm{S}}$	$k=15{,}74$
	bei späterer Wiederholung des Versuchs	$k=15{,}59$

No. 2. Kupfer in concentrirter Lösung von $\dot{\mathrm{Cu}}\,\dddot{\mathrm{S}}$.

Zink in

a)	ziemlich concentrirter Lösung von $\dot{\mathrm{Zn}}\,\dddot{\mathrm{S}}$	$k=15{,}60$
b)	derselb., verdünnt mit gleichem Vol. Wasser	$k=15{,}75$
c)	derselben, ziemlich stark verdünnt	$k=15{,}85$
d)	derselben, sehr verdünnt	$k=16{,}03$
e)	derselben, noch mehr verdünnt	$k=16{,}09$
f)	derselben, noch weiter verdünnt	$k=16{,}15$
	Wiederholung des Versuchs *a* gab	$k=15{,}605$

Es wäre von Interesse gewesen für jeden gemessenen Werth von *k* den entsprechenden Gehalt der Flüssigkeit an $\dot{\mathrm{Zn}}\,\dddot{\mathrm{S}}$ zu kennen. Da der Concentrationsgrad sich im Laufe eines jeden Versuchs erhöht, so wäre es nothwendig, am Schlusse eines jeden Versuchs sogleich diesen Gehalt durch eine Analyse zu bestimmen. Durch eine solche Untersuchung wird man möglicherweise im Stand gesetzt, den Einfluſs der Flüssigkeit zu eliminiren und den relativen Abstand der Metalle in der elektrischen Reihe zu bestimmen. Sobald ich auf diesen Gegenstand zurückkomme, beabsichtige ich, um die Contacttheorie auf eine entscheidende Weise zu prüfen, zu untersuchen, ob eine gegebene Metallcombination, z. B. Zink-Kupfer, in jeglicher Flüssigkeit dieselbe elektromotorische Kraft gebe, nachdem der Einfluſs der elektromotorischen Kraft eliminirt worden ist.

No. 3. **Kupfer in concentrirter Lösung von $\dot{Cu}\dddot{S}$**

a) amalgamirtes Zink in ziemlich stark verdünnter Lösung von $\dot{Zn}\dddot{S}$ $k = 15{,}96$

b) nicht amalgamirtes Zink in derselben Flüssigkeit $k = 15{,}92$.

Geprüft mit einem empfindlichen Galvanometer zeigte sich das amalgamirte Zink als positiv gegen das nicht-amalgamirte, aufser wenn die Lösung in sehr hohem Grade verdünnt war, da es sich dann umgekehrt verhielt.

No. 4. **Kupfer in concentrirter Lösung von $\dot{Cu}\dddot{S}$**

Zink in

a) concentrirter Lösung von $\dot{K}\dddot{S}$ $k = 16{,}57$

b) mehr verdünnter Lösung $k = 16{,}44$

c) sehr verdünnter Lösung $k = 16{,}20$.

Vergleicht man diese Versuche mit denen in No. 2, so findet man, dafs die elektromotorischen Kräfte mit steigender Verdünnung einander nähern.

No. 5. **Kupfer in concentrirter Lösung von $\dot{Cu}\dddot{S}$, Zink in sehr verdünnter Schwefelsäure.**

In Folge der Einwirkung der freien Säure auf das Zink fand nun eine heftige Gasentwicklung statt. Die Säure neutralisirte sich folglich immer mehr und mehr, und die Stromstärke nahm unaufhörlich zu; deshalb können die weiterhin folgenden, successiv beobachteten Werthe der elektromotorischen Kraft keinen Anspruch auf grofse Genauigkeit machen, aber sie beweisen dennoch hinreichend, dafs die Kraft durch die Gegenwart der freien Säure in der Zinkplatte sehr geschwächt wurde, dafs sie in dem Maafse stieg, als die Säure sich mit dem aufgelösten Zinkoxyd sättigte.

$k = 14{,}14$; $k = 14{,}49$; $k = 14{,}60$; $14{,}68$.

Nach einer Viertelstunde veränderte sich die Stromstärke so wenig mehr, dafs die elektromotorische Kraft mit voller Genauigkeit gemessen werden konnte.

Nun war $k = 14,93$
Nach einer ferneren Viertelstunde $k = 15,01$.

Die Gasentwicklung fuhr noch fort, und die Kraft blieb im schwachen Steigen, natürlicherweise bis zu dem Werth, der in der neutralen Lösung von $\dot{Zn}\ddot{S}$ erhalten worden wäre.

Die Abnahme der elektromotorischen Kraft in demselben Maafse als mehr freie Säure zugegen ist, scheint mir vollkommen unerklärlich, und im geraden Widerspruch mit der Grundansicht der chemischen Theorie über die Ursache der hydro-elektrischen Ströme. Ich habe es deshalb für nöthig gehalten folgende Gegenprobe anzustellen.

Zwei gleiche Daniell'sche Paare mit Kupfer in concentrirter Kupfervitriol-Lösung und mit Zink in sehr verdünnter Lösung von $\dot{Zn}\ddot{S}$, die aber doch bei dem einen mehr verdünnt war als bei dem andern, wurden in entgegengesetzter Richtung mit einander und mit einem Galvanometer verknüpft, wobei dieses einen geringen Ueberschufs an elektromotorischer Kraft bei dem Paare ergab, dessen Zinklösung die verdünntere war. Nun wurde etwas Schwefelsäure in diese Zinkzelle geschüttet, wodurch der Ausschlag nach entgegengesetzter Seite ging und die nicht astatische Nadel acht Grade abwich. Das von Pfaff angegebene *Experimentum crucis* für die chemische Theorie, dafs nämlich die Stromstärke zunimmt, wenn die in der Zinkzelle befindliche Säure sich mit aufgelösten Zink sättigt, würde sich erklären lassen, wenn, was möglich wäre, die schwefelsaure Zinklösung ein besseres Leitungsvermögen als die verdünnte Schwefelsäure besitzt. Aus dem vorhergehenden Versuche sehen wir, dafs die elektromotorische Kraft wirklich desto geringer ist, je mehr freie Säure anwesend ist. Um zu erfahren, ob amalgamirtes Zink sich in diesem Falle ähnlich wie das nicht amalgamirte verhalte, wurde der folgende Versuch angestellt.

No. 6. Kupfer in concentrirter Lösung von $\dot{Cu}\dddot{S}$.

Amalgamirtes Zink in

a) destillirtem Wasser, dem nur so viel Schwefelsäure zugesetzt worden, dafs die Flüssigkeit eben leitete $k = 16{,}05$

b) dito, mehr Schwefelsäure zugesetzt $k = 16{,}38$

c) dito, noch mehr Schwefelsäure $k = 16{,}50$

d) dito, noch mehr Schwefelsäure $k = 16{,}73$.

Zwei Zellen mit amalgamirtem Zink und Kupfer wurden in entgegengesetzter Richtung verknüpft; sie hielten einander das Gleichgewicht. Darauf wurde in die eine Zinkzelle mehr Säure geschüttet, und nun bekam diese das Uebergewicht

e) als der elektrische Strom im Versuch *d* zwölf Stunden ununterbrochen bestanden hatte, war $k = 15{,}87$

f) nach ferneren 15 Stunden war $k = 15{,}71$.

g) Als im vorhergehenden Versuch das amalgamirte Zink gegen nicht amalgamirtes vertauscht ward, so zeigte sich keine Wasserstoffentwicklung mehr auf der Zinkfläche, folglich war die Säure gesättigt. Nun erhielt man $k = 15{,}69$

Hieraus und aus No. 3 scheint zu folgen, dafs amalgamirtes und nicht-amalgamirtes Zink in einer neutralen Lösung von $\dot{Zn}\dddot{S}$ ungefähr gleich positiv sind, wenn die Oberfläche des nicht-amalgamirten Zinks wohl gereinigt worden ist. Bei Gegenwart von freier Säure ist das Verhalten ein anderes. Indefs mufs bemerkt werden, dafs die grofse Positivität des amalgamirten Zinks deutlich ein zusammengesetztes Phänomen ist. Denn auf der amalgamirten Oberfläche müssen nothwendig elektrische Ströme zwischen dem Zink und Quecksilber stattfinden, welche nicht durch den Galvanometerdraht gehen. Diese Ströme müssen eine grofse Intensität (oder Dichtigkeit) besitzen, und, indem sie das Wasser zersetzen, polarisiren sie das Quecksilber durch Wasserstoff positiv. Die mit dem Galvanometer gemessene Stromstärke ist folglich die, welche z. B. stattfindet zwischen Ku-

pfer einerseits, und Zink nebst positiv polarisirtem Quecksilber andererseits. Der Versuch mit amalgamirtem Zink *ist daher* in theoretischer Hinsicht nicht so belehrend als der mit nicht-amalgamirtem.

Nimmt man an, es sey in den angeführten Versuchen zwischen den verschiedenen Flüssigkeiten in der Zink- und Kupferzelle keine oder nur eine unmerkliche elektromotorische Kraft vorhanden, und es bezeichne *K* die gesammte elektromotorische Kraft der Kette, *A* die zwischen Zink und Kupfer, *B* die zwischen dem Zink und der Flüssigkeit in der Zinkzelle, *C* die zwischen dem Kupfer und der Kupfervitriollösung sey, so ist:

$$K = A + B + C.$$

Nach der chemischen Theorie müfste *B* positiv seyn, und das wesentlichste, gröfste Glied ausmachen. Wie wir aber aus den Versuchen No. 2 und No. 5 ersehen, ist *B* negativ gewesen, d. h. das Zink positiv sowohl gegen $\dot{Zn}\dddot{S}$ [1]) als gegen $\dddot{S}$, und positiver gegen die letztere. Aus No. 4 erhellt, dafs *B* positiv gewesen, d. h. das Zink positiv gegen $\dot{K}\dddot{S}$, und aus No. 5, dafs *C* positiv gewesen, d. h. Kupfer positiv gegen $\dot{Cu}\dddot{S}$.

Eine interessante Erfahrung, die ich manchmal zu machen Gelegenheit hatte, kann ich hier nicht mit Stillschweigen übergehen, da die Ursache derselben nicht leicht einzusehen ist. Wenn man in der Daniell'schen Kette eine wohl gereinigte nicht-amalgamirte Zinnfläche in einer verdünnten Lösung von Zinkvitriol stehend anwendet, so zeigt die Stromstärke ein langsames Steigen. Nach einiger Zeit beginnt die Geschwindigkeit des Steigens abzunehmen und endlich wird die Stromstärke in dem Grade stationär, dafs die Galvanometernadel auch nach Verlauf mehrer Stunden *keine für* das Auge merkbare Veränderung zeigt. Nachdem

1) Hiegegen streitet Pfaff's Erfahrung (Poggendorff's Annalen, Bd. 51, S. 207), welcher alle Metalle, mit Ausnahme des Antimons, negativ gegen concentrirte Lösung von $\dot{Zn}\dddot{S}$ fand. Ich habe nicht Gelegenheit gehabt, die Ursache dieser Verschiedenheit zu untersuchen.

dieser stationäre Zustand ziemlich lange gedauert hat, fängt die Stromstärke an allmälig abzunehmen.

Aus dem Versuche No. 2 wissen wir, dafs die elektromotorische Kraft der Kette beständig abnehmen mufste, weil durch die Einwirkung des Stroms die Zinkvitriollösung immer concentrirter wird. Ferner wissen wir aus Hankel's Untersuchungen [1]), dafs das Leitungsvermögen einer Zinkvitriollösung zunimmt mit der Concentration, aber nicht in's Unbestimmte, sondern bis zu einem gewissen Maximum, und dafs sie dann wieder abnimmt. Die Zunahme des Leitungsvermögens und die Abnahme der elektromotorischen Kraft üben auf die Stromstärke eine entgegengesetzte Wirkung aus, und es ist folglich einzusehen, dafs ein Maximum eintreten mufs, wenn beide einander entgegenwirkende Ursachen einen gleich grofsen Einflufs ausüben.

VI. *Ueber die galvanische Wasserzersetzung und die durch sie auf der Oberfläche verschiedener Metalle entstehende Polarisation;* *von A. F. Svanberg.*

---

§. 1. Die Umstände, auf denen die galvanische Polarisation beruht, und die Gesetze derselben sind noch höchst unvollkommen ermittelt, obwohl diefs in theoretischer Hinsicht ein wichtiger Gegenstand ist. Durch die Untersuchungen von Lenz, Daniell und Wheatstone wissen wir, dafs die Polarisationskraft in ihrem Maximo von der Stromstärke unabhängig ist, und Poggendorff's vollkommen entscheidende Versuche haben gezeigt, dafs sie, bei schwächerer Intensität oder Dichtigkeit des Stroms, von dessen Stärke abhängt. Es ist von Interesse, den Werth, dem sie bei wachsender Intensität asymptotisch sich nähert, für verschiedene Metalle zu bestimmen, und ihn sodann zu vergleichen mit der Stelle dieser Metalle in der elektrischen

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 69, S. 261.

Reihe. Eine solche Bestimmung ist der Zweck dieser Untersuchung gewesen.

Zur Erlangung eines constanten Stroms habe ich mich der Daniell'schen Kette bedient. Die Messung der elektromotorischen und der Polarisationskraft geschah nach der Wheatstone'schen Methode, und zur Einheit wurde die elektromotorische Kraft genommen, welche bei dem innerhalb der geschlossenen Kette befindlichen Rheostat blofs eine Drahtwindung erforderte, um den Ausschlag des Galvanometers von 42° auf 35° zu bringen. Bei dieser Einheit wird die Summe aller in einer geschlossenen Kette vorhandenen elektromotorischen Kräfte gleich der Zahl von Drahtwindungen, um welche der Rheostat gedreht werden mufs, um in dem galvanometrischen Ausschlag die nämliche Veränderung hervorzubringen.

§. 2. In der vorhergehenden Abhandlung habe ich gezeigt, welche Schwierigkeiten aus den Veränderungen der elektromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette entspringen, dafs nämlich diese Kraft besonders sehr abhängig ist von der Natur und der Concentration der Flüssigkeit, in welcher das Zink sich befindet. Wendet man einen Polarisationsapparat an, dessen Elektroden aus zweierlei Metallen bestehen, so hat derselbe eine eigene Polarisationskraft k'. Ist die Polarisationskraft $=p$ und die Kraft der Daniell'schen Kette $=k$, so wird die gesammte elektromotorische Kraft der geschlossenen Kette $=k+k'-p$. Durch gesonderte Bestimmung von k, k' und $k+k'-p$ kann p erhalten werden. Da das Polarisationsmaximum nicht augenblicklich eintritt, sondern dazu mehre Stunden erfordert werden, während defs die elektromotorische Kraft der Kette sich unaufhörlich ändert, so ist es nöthig, mit der Bestimmung von $k+k'-p$ anzufangen und gleich hernach zu der von k zu schreiten.

Meine Beobachtungsweise war folgende. Zuerst stellte ich die Galvanometernadel mittelst des Rheostats auf 42° und dann auf 35°. Hierauf ging ich zurück auf 42°, und nun wieder zu 35°, und so fort. Alsdann nahm ich das

Mittel aus zwei successiven Rheostat-Ablesungen, die 42° entsprachen, und subtrahirte von ihm die dazwischenliegende zu 35° gehörige Rheostat-Angabe; eben so nahm ich das Mittel aus zwei successiven, zu 35° gehörigen Ablesungen und subtrahirte es von der zu 42° gehörigen Beobachtung. Wenn alle solchergestalt erhaltenen Resultate bis auf 0,01 Rheostat-Drehung mit einander übereinstimmten, so betrachtete ich die Beobachtung als gut, wo nicht, so verwarf ich sie. Bei guten Beobachtungen wichen die successiven Rheostat-Ablesungen, bei gleichem Ausschlag im Galvanometer, nur um ein Paar Hundertel einer Drahtwindung von einander ab. Die Veränderungen geschahen immer in derselben Richtung und bekundeten eine Abnahme des Leitungswiderstandes der Daniell'schen Kette. Durch die Mittel aus den auf- und absteigenden Beobachtungen wurde man unabhängig von diesen kleinen Veränderungen des Leitungswiderstandes.

Keine Bestimmung wurde gemacht, ohne dafs nicht zuvor die Kette wenigstens sechs Stunden lang geschlossen war, oft noch länger, wenn es nöthig schien. Dadurch erlangt man den Vortheil, dafs die freie Säure in der Zinkzelle sich mit aufgelöstem Zink sättigt und die Stromstärke fast constant wird, auch dafs das Polarisationsmaximum eintreten kann. Ueberdiefs mufs man immer die Vorsichtsmaafsregel beachten, die zu polarisirende Fläche möglichst klein zu nehmen. Damit die Stromintensität in jedem Punkte möglichst grofs sey. Auch mufs die Oberfläche wohl gereinigt seyn.

Um die bei der galvanischen Wasserzersetzung blofs durch den Wasserstoff entstehende Polarisation zu bestimmen, nahm ich ein Gefäfs von Zink, setzte darin einen noch nicht gebrauchten unglasurten Thoncylinder und in diesen einen zweiten ähnlichen von geringerem Durchmesser. Das Zinkgefäfs wurde mit einer Lösung von Zinkvitriol gefüllt, der etwas freie Schwefelsäure zugesetzt worden. Die beiden Thoncylinder enthielten destillirtes Wasser, schwach angesäuert durch Schwefelsäure, und in den

innersten wurde die Metallplatte getaucht, deren Polarisation bestimmt werden sollte. Dieser Polarisationsapparat wurde mit der Daniell'schen Kette verknüpft auf die Weise, dafs das Zinkgefäfs zur Anode und die andere Metallplatte zur Kathode wurde. Es ist nothwendig, zu jeder neuen Polarisationsbestimmmung neue Thoncylinder im Polarisationsapparat zu nehmen, auch die Elektroden durch zwei solche Cylinder zu trennen, weil sonst, nachdem die Kette einige Stunden lang geschlossen worden, Zink anfängt sich auf die Kathode niederzuschlagen.

§. 3. Wenn Wasser zwischen Platin-Elektroden zersetzt wird, so werden die Oberflächen beider polarisirt. Bezeichnet man die Polarisation der Fläche, an welcher sich Wasserstoff entwickelt, mit p, und die der anderen Fläche, welche Sauerstoffgas ausgiebt, mit p', so ist die gesammte Polarisation $=p+p'$. Um diese zu bestimmen, nahm ich vier Daniell'sche Paare, deren elektromotorische Kraft zusammengenommen mit $4k$(Zink-Kupfer) bezeichnet sey, und eine Polarisationszelle, bestehend aus zwei Platinplatten, die in schwach schwefelsäurehaltigem Wasser standen; die elektromotorische Kraft bei geschlossener Kette war nun $4k$(Zink-Kupfer)$-p-p'$. Da das Sauerstoffgas die Platte, an der es aufsteigt, reinigt, so wurde die Polarisationszelle umgekehrt, damit jede Platinplatte sechs Stunden lang Anode war, ehe die Messung von $4k$(Zink-Kupfer)$-(p+p')$ bewerkstelligt wurde. Dann wurde die Polarisationszelle fortgenommen und $4k$(Zink-Kupfer) für sich bestimmt, und dadurch, nach Subtraction, $p+p'$ erhalten. Das Mittel aus zwei Versuchen, die nur um eine Einheit der ersten Decimalstelle differirten, gab:

$$p+p'=35{,}615.$$

Um ein von der angewandten Krafteinheit unabhängiges Resultat zu erhalten, kann man $p+p'$ dividiren durch k(Zink-Kupfer). Nachdem, was ich in der vorhergehenden Abhandlung gezeigt habe, ist diese Kraft veränderlich und wesentlich abhängig von der Reinheit der Zinkfläche, der Natur und der Concentration der Flüssigkeit, welche

das Zink aufnimmt. Bei meinen Versuchen schwankte k, ungeachtet ziemlich constanter Stromstärke, zwischen 14,7 und 16,7, wodurch $\frac{p+p'}{k}$ von 2,42 bis 2,14 geht.

§. 4. Um die Polarisation der Anode gesondert zu bestimmen, nahm ich in einem Polarisationsapparat als Kathode eine Kupferplatte, in einer Lösung von Kupfervitriol stehend, und als Anode eine Platinplatte in schwach schwefelsäurehaltigem Wasser. Dabei wurde Kupfer an der Kathode reducirt und Sauerstoffgas an der Anode entwickelt. Die elektromotorische Kraft der geschlossenen Kette, wenn drei Daniell'sche Paare gebraucht wurden, war:

$$3k(\text{Zink-Kupfer}) - k(\text{Kupfer-Platin}) - p'.$$

Nachdem sie gemessen worden, wurde $3k$(Zink-Kupfer) allein bestimmt, und dadurch nach Subtraction erhalten:

$$k(\text{Kupfer-Platin}) + p' = 23{,}23 \ldots\ldots\ldots (a)$$

Bedient man sich nun eines Polarisationsapparats, wie in §. 2 beschrieben wurde, mit derselben Platinplatte wie im §. 3 als Kathode, so wird die zu messende elektromotorische Kraft:

$$3k(\text{Zink-Kupfer}) + k(\text{Zink-Platin}) - p.$$

Nach Bestimmung des nun wenig veränderten Werthes von $3k$(Zink Kupfer) und dessen Subtraction erhielt man:

$$k(\text{Zink-Platin}) - p = 3{,}09 \ldots\ldots\ldots\ldots (b)$$

Aus den Gleichungen (a) und (b) folgt:

$$p + p' - k(\text{Zink-Platin}) + k(\text{Kupfer-Platin}) = 20{,}14.$$

Aber:

$$k(\text{Zink-Platin}) - k(\text{Kupfer-Platin}) = k(\text{Zink-Kupfer}),$$

wodurch:

$$p + p' = k(\text{Zink-Kupfer}) + 20{,}14 \ldots\ldots\ldots\ldots (c)$$

Für k(Zink-Kupfer) ist hier zu nehmen die elektromotorische Kraft zwischen dem zum Polarisationsapparat angewandten Zinkgefäfs und dem galvanisch gefällten Kupfer, dieses in einer concentrirten Lösung von $\dot{\text{Cu}}\dddot{\text{S}}$ stehend, und das Zink in einer Lösung von $\dot{\text{Zn}}\dddot{\text{S}}$ von dem beim letzten Versuche angewandten Concentrationsgrad. Die Oberfläche des Zinks war nicht rein und die Zinkvi-

triollösung war ganz concentrirt, wodurch diese Kraft etwas kleiner war als sie im normalen Zustand ist. Directe Beobachtung gab sie $=14,45$, welche, in Gleichung (c) substituirt, giebt:

$$p+p'=35,59.$$

Nach §. 3 gab die unmittelbare Bestimmung $p+p'=35,615$, also ist hier die Uebereinstimmung ganz befriedigend, und sie beweist die Zuverlässigkeit der Gründe, auf denen die indirecte Bestimmung beruht.

Will man p oder p' aus (a) oder (b) gesondert erhalten, so wird man abhängig von k(Kupfer-Platin) oder k(Zink-Platte). Nimmt man als Annäherung Wheatstone's Bestimmung:

$$k(\text{Zink-Platin})=\tfrac{4}{3}k(\text{Zink-Kupfer})$$

und k (Zink-Kupfer)$=15,45$, so wird:

$$k(\text{Zink-Platin})=20,60.$$

woraus endlich:

$$p=17,51 \text{ und } p'=17,08.$$

Das Platin würde also, in Uebereinstimmung mit Poggendorff's Annahme [1]), von Sauerstoff und Wasserstoff gleich stark, aber in entgegengesetztem Sinne polarisirt werden.

Geht man ferner von Poggendorff's [2]) Bestimmung der elektromotorischen Kräfte der Metalle in verdünnter Schwefelsäure aus, so ist:

$$k(\text{Kupfer-Platin})=\tfrac{1137}{1552}.k(\text{Zink-Kupfer})=11,39,$$

und es wird:

$$p=23,75 \qquad p'=11,34,$$

also p doppelt so grofs als p'. Welche dieser Annahmen der Wahrheit am nächsten komme, ist zu entscheiden hier nicht möglich.

§. 5. Wenn man die bei der galvanischen Wasserzersetzung an verschiedenen Kupferflächen entstehende Polarisation untersucht, erhält man sehr abweichende Resultate. Diese beobachteten Verschiedenheiten erwiesen sich jedoch als im nächsten Zusammenhange stehend mit dem verschie-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 70, S. 192.

2) Ebendaselbst, Bd. 70, S. 66.

denen Politurgrade der Flächen, so nämlich, dafs sie, je vollkommner ihre Politur war, eine höhere Polarisation annehmen, und umgekehrt, je mehr ihre Oberfläche rauh gefeilt oder besser durch galvanisch gefälltes Kupfer feinkörnig gemacht worden, ein desto niedrigeres Polarisationsmaximum erlangen. Sieben Versuche, welche alle in vollkommener Uebereinstimmung mit diesem Gesetze variirten, gaben das *Polarisationsmaximum*:

bei	vollkommen blanker Oberfläche	= 12,47
-	feinkörniger Oberfläche	= 8,24.

Diese Erfahrung erlangt eine fernere Bestätigung durch die von Poggendorff gemachte Beobachtung, dafs die Polarisation in einem Voltameter mit platinirten Platinplatten bedeutend geringer ist als in einem mit blanken Platten. Die Ursache hievon ist ohne Zweifel darin zu suchen, dafs die Gase zu den körnigen Oberflächen eine geringere Adhäsion haben als zu den blanken, und sie steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit der bekannten Thatsache, dafs das Sieden an der Oberfläche pulverförmiger Körper leichter eintritt.

Bei allen bis jetzt angeführten Versuchen waren die Kupferflächen klein im Vergleich zu der als Anode angewandten Zinkfläche, so dafs die Intensität des Stroms in jedem Punkte der Kathode grofs war. Bei drei anderen Versuchen war dagegen die Kupferfläche gegen die Zinkfläche sehr grofs, also die Strom-Intensität sehr klein an der Kathode, deren Polarisation noch sechs Stunden langsam zunahm. Diese drei Versuche gaben folgende Werthe:

1,96 1,13 0,44.

Die Abhängigkeit der Polarisation von der Strom-Intensität erhellt hieraus deutlich, übereinstimmend mit Poggendorff's Erfahrungen. Will man folglich das absolute Polarisationsmaximum für verschiedene Metalle bestimmen, so ist nothwendig sowohl dafs die Flächen vollkommen blank, als auch in Bezug auf die Dimension der angewandten Batterie klein seyen. Diese Vorsichtsmafsregeln sind in dem Folgenden beachtet worden.

§.

§. 6. Um die Polarisationskraft des Wasserstoffs an der blanken Oberfläche irgend eines Metalles x zu bestimmen, sey k(Zink-x) die elektromotorische Kraft im Polarisationsapparat, bei dem x die Kathode ist, im Fall dafs keine Polarisation stattfinde, und die Polarisation an x sey $p(x)$. Wenn die wirksame Batterie aus drei Daniell'schen Paaren besteht, wird die gesammte elektromotorische Kraft in der geschlossenen Kette gleich:

$$3(\text{Zink-Kupfer})+k(\text{Zink-}x)-p(x).$$

Mifst man diese Kraft, auch die von $3k$(Zink-Kupfer) für sich, so erhält man zuletzt nach Subtraction:

$$k(\text{Zink-}x)-p(x)=a.$$

Zufolge der Gleichung (b) §. 4 ist:

$$k(\text{Zink-Platin})-p(\text{Platin})=3{,}09$$

und bei dem im §. 5 erwähnten Versuch:

$$k(\text{Zink-Kupfer})-p(\text{Kupfer})=2{,}98.$$

Für Eisen und Silber war:

$$k(\text{Zink-Eisen})-p(\text{Eisen})=3{,}08$$
$$k(\text{Zink-Silber})-p(\text{Silber})=2{,}71.$$

Die Polarisation der Silberfläche war wahrscheinlich etwas zu grofs ausgefallen, d. h. die Constante a etwas zu klein, weil nach Beendigung des Versuchs einige Punkte der Oberfläche angelaufen zu seyn schienen, und bei einem anderen Versuch, bei welchem sie noch stärker angelaufen war, die Polarisation auch gröfser erhalten wurde. Dieses Anlaufen rührte wahrscheinlich her von einer Reduction aus der Schwefelsäure durch Staub, der in den Polarisationsapparat gefallen war. Diefs ist deshalb nicht unwahrscheinlich als a sowohl für Kupfer als Silber (welche beide Metalle sich leicht mit Schwefel verbinden) etwas zu klein erhalten worden war.

Die vorhergehenden Beobachtungen scheinen also anzudeuten, dafs a eine für die verschiedenen Metalle absolut constante oder wenigstens schwach variable Gröfse ist. Wäre sie absolut constant und $=3$, so würde man haben:

$$k(\text{Zink-Platin})-p(\text{Platin})=$$
$$k(\text{Zink-Kupfer})-p(\text{Kupfer})=$$
$$k(\text{Zink-Eisen})-p(\text{Eisen})=$$
$$k(\text{Zink-Silber})-p(\text{Silber})=3.$$

Aber k (Zink-x) — $p(x)$ ist die im Polarisationsapparat während der Wirkung des Stroms vorhandene elektromotorische Kraft, welche in diesem Falle constant und von dem Metalle x unabhängig seyn müfste. Das Verhalten wäre folglich ein solches, wie wenn der Wasserstoff durch die Wirkung des Stroms auf der Oberfläche aller Metalle zu gleichem Dichtigkeitsgrad condensirt würde und der solchergestalt verdichtete Wasserstoff dem für die Metalle gültigen elektromotorischen Gesetze folgte, nämlich die Kraft blofs abhinge von den beiden äufsersten der in der Flüssigkeit stehenden Metalle. Wäre dieses Gssetz richtig, so würde man haben:

$$k(\text{Zink-Wasserstoff}) = 3.$$

Dieses Gesetz kann indefs nicht absolut seyn, sondern blofs angenähert für negative Metalle gelten. Es setzt nämlich voraus, das Zink sey positiv gegen Wasserstoff, und daraus würde (wäre das Gesetz richtig) folgen, dafs wenn Zink als Kathode zu der galvanischen Wasserstoffgas-Entwicklung gebraucht würde, die Polarisation negativ wäre.

Bei einem Versuch, das *Polarisationsmaximum* an einer polirten Zinkplatte zu bestimmen, erhielt ich:

$$p(\text{Zink}) = 2{,}95.$$

Es wäre von Interesse, die Polarisationskraft des Wasserstoffs auf der Oberfläche anderer Metalle, z. B. Gold, Zinn, Blei, Kadmium, Wismuth und Antimon zu bestimmen. Meine übrigen Geschäfte haben mich an der Vollendung dieser Untersuchung gehindert.

Bei einigen mit Zinn angestellten Versuchen lief die Oberfläche immer so stark an, dafs ich es nicht für der der Mühe werth hielt, die Resultate aufzuzeichnen. Beim Kadmium stellte sich der eigene Umstand ein, dafs auch eine vollkommen reine und frische Bruchfläche nicht vom schwach schwefelsäurehaltigen Wasser benäfst wurde, was wahrscheinlich auf die Polarisation einwirkt. Ein Versuch gab:

$$k(\text{Zink-Kadmium}) - p(\text{Kadmium}) + 4{,}31 = 0.$$

Im Allgemeinen scheint aus dieser Untersuchung nur so

viel mit Zuverlässigkeit hervorzugehen, dafs *die bei der galvanischen Wasserzersetzung an der Oberfläche verschiedener Metalle durch Wasserstoff entstehende Polarisation desto gröfser ist, je negativer das Metall.*

VII. *Kritisches über elektrische Flammen- und Spitzenwirkung; von P. Riefs.*

Hr. van Rees hat in einer Replik (s. dies. Band, S. 41) sich gegen die von mir angenommenen Dampfspitzen über einer Flamme, ferner gegen einige allgemein angenommenen elektrischen Sätze erklärt, und endlich seine eigene Erklärung der elektrischen Flammenwirkung vertheidigt. Ich will, um die Uebersicht zu erleichtern, diese drei Punkte sondern und das Wesentliche davon möglichst kurz beantworten. Von den hier übergangenen Sätzen der Replik möge man annehmen, dafs ich sie als aufser der Frage stehend betrachte.

In Betreff des ersten Punktes habe ich nur Weniges zu sagen. Wer sich die von mir angenommenen Dampfspitzen von der Art denkt, dafs sie, wenn eine Flamme in den Lichtkegel einer finstern Kammer gestellt ist, einen Schatten an die Wand werfen können, der darf sie von vorn herein verwerfen, auch ohne mit Hrn. v. Rees den bezeichneten Versuch (einen, beiläufig bemerkt, nicht neuen Versuch) angestellt zu haben. Ich hatte gefunden, dafs die glimmenden Körper wie Spitzen wirken, wie diese unthätig gemacht werden können, und nahm, der Gleichförmigkeit der Erklärung wegen, bei den Flammen Dampfspitzen an, gegen deren Möglichkeit ich keinen haltbaren Einwand fand. Es ist Thatsache (siehe unten), dafs über der elektrisch wirkenden Flamme eine Dampfsäule steht, welche die Elektricität *gut* leitet, in einer, nach der Lebhaftigkeit der Verbrennung veränderlichen, aber jedenfalls

gegen die Länge der Flamme bedeutenden Höhe noch mit der Flamme zusammenhängt, und sich dann in die Luft verliert, welche die Elektricität *schlecht* leitet. Sollen wir nun annehmen, dafs von dieser heftig bewegten leitenden Dampfmasse sich nach allen Seiten runde Schichten ablösen und die übrige Masse mit runder Oberfläche zurücklassen, oder dafs die kalte Luft in sie einschneidet, sie auszackt und in Fäden endigen läfst? — Mir schien das Letztere das Wahrscheinlichere und scheint es noch jetzt. Aus dem Ansehen der Nebelmasse über der Locomotive oder des Schattens der Dampfmasse in der finstern Stube kann dagegen kein Einwand genommen werden, weil dann noch die Hypothese gemacht werden müfste, dafs unser Auge genau die Gränze sieht, wo die Massen aufhören leitend zu seyn. Eben so wenig kann die Chemie einen Einwand liefern, da dieselbe weder alle Bestandtheile der Dampfsäule über der Flamme, noch die relative Leitungsfähigkeit derselben (auf die es hier allein ankommt) angeben kann.

Ich komme zu dem zweiten und wichtigsten Theile der Bemerkungen des Verfassers, von dem ich zu zeigen habe, dafs er mit anerkannten Sätzen der Elektricitätslehre in Widerspruch steht. Hr. v. Rees erklärt die ganze Dampfsäule über dem leuchtenden Theile der Flamme für nichtleitend, gegen die Aussage von du Tour, Priestley, Volta, Humboldt. Es gilt bisher der Versuch für entscheidend, dafs man die Flamme in einer hohen leitenden Röhre brennen lassen, diese sogar mit einem übergreifenden Trichter decken kann, ohne die elektrische Wirkung der Flamme aufzuheben. Ich selbst habe diefs erprobt, indem ich eine Weingeistflamme von 4 Linien Höhe in einer 27 Lin. hohen, $9\frac{1}{2}$ Lin. weiten Blechröhre auf ein seitlich stehendes geladenes Elektroskop wirken liefs, das mit keinem Punkte der Flamme durch eine durch die Luft gezogene gerade Linie verbunden werden konnte. (Annalen, Bd. 61, 558.) — Nach dem Verfasser soll eine metallene Spitze, an die Stelle der Flamme in die Röhre gesetzt, so lange wirken, als ihre elektrische Dichtigkeit nicht unter

eine bestimmte Gränze gesunken ist. Nach der Erfahrung ist die Spitze aber in allen Fällen unwirksam, weil sie bei jeder Dichtigkeit, die man der mit ihr verbundenen Röhre durch Mittheilung oder Influenz zu geben im Stande ist, unelektrisch bleibt. — Ueber die Elektrisirung durch Influenz stellt Hr. v. Rees einen Satz auf, den ich mit seinen eigenen Worten anführen mufs: Die vertheilende Wirkung verschiedener elektrisirter Körper auf einen ihnen genäherten Leiter ist, bei gleicher Entfernung, nicht im Verhältnisse der Dichtigkeiten, sondern der Mengen der auf ihnen angehäuften Elektricität. Um behaupten zu können, dafs eine Spitze durch Influenz auf einen genäherten Leiter stärker wirke als ein abgerundeter Körper in derselben Entfernung, mufs vorher gezeigt werden, dafs in der Spitze eine gröfsere Elektricitätsmenge angehäuft sey (angef. O. S. 50). Der Verf. hat diesen Satz unbewiesen hingestellt. Nach Poisson's Princip ist die vertheilende Wirkung abhängig von der Form, relativen Gröfse, Stellung, Elektricitätsmenge und Entfernung der aufeinanderwirkenden Körper. Eine Kugel z. B., auf die ein elektrisirter Körper wirkt, mufs an dem nächsten Punkte ihrer Oberfläche eine sehr verschiedene Dichtigkeit besitzen (auf die es hier ankommt), je nachdem jener Körper ein Würfel, eine Kugel oder ein Kegel und die Oberfläche desselben kleiner oder gröfser ist, wenn auch Entfernung der nächsten Punkte und Elektricitätsmenge ungeändert bleiben. Bekanntlich hat Poisson bei Berechnung der Dichtigkeiten zweier aufeinander wirkenden Kugeln das Verhältnifs der Halbmesser derselben zu Grunde gelegt, und diefs fällt selbst in dem speciellen Falle nicht fort, wo der Halbmesser der kleineren Kugel gegen die Entfernung derselben von der Oberfläche der gröfseren sehr klein ist. — Der Hr. Verf. bringt in einem Versuche (S. 51) durch Influenz einer geriebenen Harzplatte in seinem Elektroskope eine Divergenz hervor, bei welcher noch kein Ausströmen der Elektricität erfolgt, und schliefst daraus, dafs eine Spitze, die eine bleibende geringere Divergenz im Instrumente erzeugt, auch kein Ausströ-

men erzeugt haben könne. Bisher sagt man: das Ausströmen der Elektricität hängt nicht von der Elektricitätsmenge ab, die ein Körper besitzt, sondern von der elektrischen Dichtigkeit eines Punktes desselben. Ein angeflogenes Staubfädchen auf dem Conductor der Elektrisirmaschine ist oft Ursache des Ausströmens, indem es die elektrische Anordnung auf dem Conductor ändert. Nur wenn die Anordnung auf einem Körper dieselbe bleibt, gehen Dichtigkeit eines Punktes und Elektricitätsmenge des ganzen Körpers proportional. — Ich habe in allen diesen Fällen Hrn. van Rees nicht, wie er es wünscht, eines Besseren belehren, sondern aussprechen wollen, daſs ich das Bekannte so lange für das Bessere halte, als es nicht widerlegt ist.

Ehe ich zu dem dritten Punkte, der vom Verfasser über die elektrische Flammenwirkung gegebenen Erklärung übergehe, will ich angeben, worin ich mit demselben vollkommen übereinstimme. Ich habe nie bezweifelt, daſs von einer Elektricität ausströmenden Spitze oder Flamme elektrisirte Luft ausgeht, daſs diese Luft heftig abgestoſsen wird und auf Leiter durch Mittheilung oder Influenz wirken kann, wie jeder andere elektrisirte Körper. Um eben der störenden Wirkung dieser Luft zu entgehen, habe ich meine Versuche über die Wirkung der Flamme nicht mit der Elektricität einer Maschine oder einer Leydener Flasche angestellt, sondern als Elektricitätsquelle eine alte trockene Säule gebraucht, die bei Ableitung eines Pols, die Zoll langen Goldblätter des Elektroskops etwa 13 Lin. divergiren machte. Eine solche Säule giebt in einer kleinen Zeit nur ein geringes Quantum von Elektricität ab, und dies kann durch schnellste Fortnahme der erzeugten Elektricität über eine bestimmte Gröſse nicht gesteigert werden, da die Säule zu ihrer Ladung Zeit bedarf. Dieselbe wird daher die Luft des Zimmers während einiger Secunden nicht so elektrisiren können, um die Störungen der Versuche an einem Bennet'schen Elektroskope hervorzubringen, die der Verfasser mit einer Elektrisirmaschine erhalten und weitläufig beschrieben hat.

Hr. v. Rees schreibt die Wirkung der Flamme dem leuchtenden Theile derselben allein zu, während frühere Erklärer der Erscheinung und ich selbst diese Wirkung von der ganzen leitenden Dampf- (Gas-, Luft-) Säule über der Flamme ableiten. Hierüber, glaube ich, kann man nicht in Zweifel bleiben. Um nicht den Rauch einer ausgeblasenen Kerze anzuführen und den Dampf der aphlogistischen Lampe, die wie eine Flamme wirken, scheinen mir die Versuche beweisend, die mit einer in einer Blechlaterne brennenden Flamme in jedem Augenblicke angestellt werden können. Ueber die Laterne gehalten, verliert ein elektrisirter Körper seine Elektricität, und zugleich wird die Laterne mit ihm gleichartig elektrisch. Nach v. Rees Annahme würde weder das Eine noch das Andere stattfinden. Denn der elektrisirte Körper kann auf die Flamme nicht wirken, da dieser von einer Metallhülle umgeben ist, und die austretende Dampfsäule kann den Körper nicht unelektrisch machen, da sie nicht leiten soll. Stimmt meine Erklärung mit früheren Erklärungen darin überein, dafs sie die Flamme nur mittelbar durch ihre Dampfsäule wirken läfst, so weicht sie von denselben ab in Betreff der Art und Weise, wie die Wirkung zu Stande kommt, mit Ausnahme des Falles, wo die Elektricität eines Körpers durch eine daran angebrachte Flamme verloren geht. Diefs wird von Allen einer Elektrisirung der Luft und Abstofsung derselben zugeschrieben. Mag aber die Flamme ihre Elektricität einem entfernten Körper geben, oder Elektricität von dem Körper annehmen, so sehen die früheren Erklärungen darin eine unmittelbare Mittheilung von Elektricität. Eine Harzplatte über eine Flamme gehalten, soll ihre Elektricität verlieren, indem sie dieselbe durch die verbindende Dampfsäule der Flamme abgiebt; eine Flamme soll an einem Elektroskope die Luftelektricität merkbar machen, weil der aufsteigende Luftstrom an der Spitze desselben eine gröfsere Zahl von Lufttheilchen vorbeiführt, welche ihre Elektricität abgeben. (Volta, Kämtz Meteorologie, Bd. 2, S. 397.) Ich habe diese Wirkung durch Mittheilung in

speciellen Fällen nicht geläugnet (Annal., Bd. 61, 554), sie aber im Allgemeinen durch eine Influenzerscheinung zu erklären versucht, indem ich annahm, dafs der neutrale Körper, sey er die Flamme oder der entfernte Leiter, durch Influenz und Ausströmung von Elektricität bleibend geladen wird. Hr. v. Rees stimmt, je nach dem Falle, meiner Erklärung oder der früheren bei. Ist die Flamme elektrisirt, so soll der fremde Körper durch wirkliche Mittheilung von ihr elektrisirt werden (s. dies. Band, S. 56), ist der Körper elektrisirt, so soll die Flamme durch Influenz Elektricität erhalten (S. 58). Es leuchtet kein Grund zu einer solchen verschiedenen Erklärung derselben Erscheinung ein, und die beiden Einwürfe des Verf. gegen meine Ansicht werden, wie ich oben bemerkt habe, von den bisher bekannten Gesetzen der Influenzerscheinungen widerlegt. — Die bedeutende Steigerung der Influenz durch Anbringung der Flamme auf dem influencirten Körper habe ich den Spitzen der Dampfsäule und dem dadurch bewirkten Ausströmen der einen Influenzelektricitätsart zugeschrieben. Hr. v. Rees bemerkt mit Recht, dafs eine solche Steigerung schon durch die Beweglichkeit der influencirten Theile eintreten müsse, aber dabei würde nur die Elektrisirung der Flamme, nicht der Verlust des anfangs elektrisirten Körpers eine Erklärung durch die Influenzwirkung finden. Wenn der Verfasser zuletzt die Anwendung der Flamme bei Untersuchung der atmosphärischen Elektricität zu erklären sucht, so vergifst er dabei, dafs Bennet und Volta die Flamme in einer Laterne brennen liefsen, die oben mit einem übergreifenden Metalltrichter versehen war, die Wolken daher durch Influenz auf die Flamme nicht wirken konnten.

Fassen wir das Gesagte zusammen: Der Mechanismus der Flammenwirkung beruht nach der früheren Erklärung auf Mittheilung, nach der meinigen auf Influenz. Herr v. Rees nimmt beide Erklärungen an, und zwar die meinige bei der wichtigsten Anwendung der Flamme zur Steigerung der Empfindlichkeit eines Elektroskops. — Die Wirkung geht, nach der früheren Erklärung und nach mir, von

der durch die Flamme erzeugten Dampfsäule aus; früher ist die Endigung dieser Säule nicht beachtet, von mir ist sie zackig verlangt worden. — Hr. v. Rees läfst die Wirkung unmittelbar von der Flamme ausgehen, und verfällt dadurch in Widersprüche mit bisher bewährten elektrischen Grundsätzen.

18. December 1847.

VIII. *Ueber den Einflufs der Temperatur auf das specifische Gewicht der Niobsäure. von Heinrich Rose.*

Vor mehreren Jahren hatte ich gefunden, dafs die künstlich dargestellte Titansäure sich bedeutend im spec. Gewicht verändert, wenn sie längere Zeit einer erhöhten Temperatur ausgesetzt wird, und dafs man sie dadurch von denselben Dichtigkeiten erhalten kann, wie sie in der Natur im Anatas, Brookit und Rutil vorkommt [1]).

Diese Bemerkung schien mir für die Lehre von dem Atomvolum der Körper so wichtig, dafs ich hoffen konnte, mehrere Chemiker würden sich mit ähnlichen Versuchen beschäftigen. Aber nur Graf v. Schaffgotsch hat nach dieser Zeit Untersuchungen über die Verschiedenheit im spec. Gewichte der Kieselsäure angestellt, welche zu ähnlichen Resultaten führten, wie die meinigen über die Titansäure [2]).

Ich habe später Untersuchungen über das spec. Gewicht der Niobsäure, Pelopsäure und Tantalsäure angestellt. Hierbei erhielt ich aber so stark von einander abweichende Resultate, dafs ich diesen Gegenstand einer sehr grofsen und umfassenden Arbeit unterwerfen mufste. Nur nach langen

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 61, S. 507.

2) Ebendaselbst, Bd. 68, S. 147.

Bemühungen gelang es mir, die Ursachen dieser Verschiedenheiten aufzufinden.

a) **Niobsäure aus dem Columbit von Bodenmais in Baiern.**

Die Niobsäure war von der Pelopsäure vollkommen gereinigt worden, indem sie zu wiederholten Malen, mit Kohle gemengt, einem Strome von Chlorgas bei erhöhter Temperatur ausgesetzt wurde. Ehe das Chlorgas angewandt worden war, war die atmosphärische Luft jedesmal durch Kohlensäuregas ausgetrieben worden, aber auch das Ueberleiten dieses Gases über das Gemenge von Niobsäure und Kohle geschah bei Glühhitze. Die Reinigung der Niobsäure gründet sich darauf, dafs das leichter flüchtige Pelopchlorid von dem schwerer flüchtigen Niobchlorid durch allmäliges gelindes Erhitzen abgetrieben wird. Es geschah diefs in Glasröhren von weitem Durchmesser und schwer schmelzbarem Glase. Die erhaltenen Chloride wurden durch Wasser in Niobsäure und Pelopsäure verwandelt, und die erhaltenen Säuren wiederum derselben Operation unterworfen. Die Reinigung fester Chloride von einander auf diese Weise ist aufserordentlich beschwerlich, und bei weitem mühsamer, als die flüchtiger Körper von flüssigem Aggregatzustande durch Destillation. Ich übertreibe nicht, wenn ich bemerke, dafs das Niobchlorid nur dann erst als vollkommen rein vom Pelopchlorid erhalten wurde, als die Umwandlung der Säure in Chlorid wohl 20 bis 30 Mal wiederholt worden war.

Die Schwierigkeiten der Trennung bei diesen Chloriden entstehen besonders dadurch, dafs, obgleich das Pelopchlorid flüchtiger ist, es sich doch später und bei gröfserer Hitze erzeugt, als das Niobchlorid, so dafs das durch Erhitzen gereinigte Niobchlorid zuletzt immer durch später sich erzeugtes Pelopchlorid verunreinigt wird. Sie gründen sich ferner darauf, dafs die Pelopsäure sehr leicht bei der Behandlung mit Kohle und Chlorgas ein Acichlorid bildet, das dem Niobchlorid hinsichtlich der Farbe ähnlich ist. Nur durch eine bedeutende Schicht von Kohle, durch

welche die Chloride streichen müssen, läfst sich, wie ich diefs schon früher bemerkte [1]), die Bildung dieses Acichlorids, wenn auch nicht vermeiden, doch vermindern.

Ein sehr unangenehmer Umstand bei dieser Trennung ist noch der, dafs das unschmelzbare Niobchlorid ein sehr voluminöses Haufwerk bildet, und daher leicht die Röhren, auch wenn sie einen bedeutenden Durchmesser haben, verstopfen kann. Will man daher Niobsäure von sehr kleinen Mengen von Pelopsäure auf die angeführte Weise reinigen, so darf man nur kleine Quantitäten anwenden, während andererseits, wenn man Pelopsäure von sehr kleinen Mengen von Niobsäure trennen will, man sich weit gröfserer Quantitäten und auch Röhren von einem kleineren Durchmesser bedienen kann.

Enthält das Niobchlorid sehr kleine Mengen von rothem Wolframchlorid, so kann man diefs sehr gut vermittelst des Ammoniaks von jenem trennen.

Reines Niobchlorid wurde durch Wasser zersetzt, und in Niobsäure verwandelt, welche von der Chlorwasserstoffsäure durch Filtration und Auswaschen getrennt wurde. Die Säure wurde über der Spirituslampe nur so lange geglüht, bis die Lichterscheinung sich gezeigt hatte.

Die Niobsäure, auf diese Weise erhalten, bildet ein sehr lockeres Pulver. Obgleich das Volumen derselben sehr schwindet, wenn sie mit Wasser angerührt wird, so können doch nicht sehr bedeutende Gewichtsmengen zur Bestimmung des specifischen Gewichts angewandt werden.

Diese Bestimmung, so wie alle die folgenden geschahen auf dieselbe Weise, deren ich mich schon früher bediente, als ich meine Untersuchungen über das spec. Gewicht der Titansäure anstellte. Mein Bruder hat eine ganz ähnliche Methode bei seinen Bestimmungen über das spec. Gewicht des Goldes angewandt, und dieselbe ausführlich beschrieben [2]).

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 69, S. 119.

2) Ebendaselbst, Bd. 73, S. 9.

2,591 Grm. dieser Säure zeigten das spec. Gewicht von 5,12 bei 20° C. (*a*).

Eine zweite Menge der Säure, welche aus einer andern Menge des Chlorids bereitet worden war, hatte dagegen ein ganz anderes spec. Gewicht. Zur Bereitung des Chlorids diente übrigens ein Theil derselben Niobsäure, welche das Chlorid geliefert hatte, aus dem die Säure zu dem ersten Versuche bereitet worden war.

1,832 Grm. dieser Säure zeigten das spec. Gewicht
von 4,9648
- 4,977 bei 20° C. (*b*).

Dieser Unterschied im spec. Gewichte zwischen zwei Mengen derselben Säure, welche demselben Hitzgrade ausgesetzt worden waren, mufste auffallend seyn. — Beide Mengen der Säure wurden einem sechsstündigen Kohlenfeuer in einem gut ziehenden Windofen ausgesetzt. Das absolute Gewicht war dadurch nicht verändert worden, auch scheinbar nicht das äufsere Ansehen; das Pulver war auch nicht zusammengesintert.

4,005 Grm. gaben das spec. Gewicht
von 4,5614 bei 20° C. (*c*).
- 4,562.

Das spec. Gewicht der Säure hatte sich also, anders wie bei der Titansäure, durch eine gröfsere Hitze bedeutend vermindert.

Dieselbe Säure wurde dem Feuer des Ofens der hiesigen Königlichen Porcellanfabrik ausgesetzt. Durch die Gefälligkeit des Hrn. Frick, des Directors dieser Fabrik habe ich diesen Ofen zu diesem und zu den weiter unten anzuführenden Versuchen benutzen können, die zu der endlichen Aufklärung über die Ursachen der Verschiedenheiten im spec. Gewichte dieser Säuren geführt haben. — Die Substanz, welche ich dem Feuer des Porcellanofens aussetzte, war in einem kleinen Platintiegel abgewogen worden, der mit einem gut schliefsenden Deckel versehen war. Dieser wurde in einen gröfseren Platintiegel, zu welchem ebenfalls ein Deckel gut pafste, gesetzt, und darauf in

einen guten Thontiegel gebracht, auf dessen Boden ein wenig Magnesia gelegt wurde, damit der gröfsere Platintiegel nicht mit dem Thontiegel zusammensintern konnte. Letzterer war ebenfalls mit einem guten Deckel versehen. Die drei in einander geschachtelten Tiegel wurden in eine Kapsel gesetzt, und diese in die Stelle des Ofens gebracht, wo die höchste Temperatur stattfand. Erst nach dem Abkühlen des Ofens, nach sechs Tagen, erhielt ich den Tiegel wieder. Das Gewicht des kleinen Platintiegels mit der Substanz konnte nach dem Glühen mit vieler Genauigkeit wieder bestimmt werden.

Durch die grofse Hitze hatte sich bei dem angeführten Versuche die Niobsäure im absoluten Gewichte nicht verändert, wohl aber bedeutend in ihrem äufseren Ansehen. Sie nahm ungefähr nur den vierten Theil des ursprünglichen Volumens ein, und war zu einem losen Klumpen zusammengesintert, der sich aber in einem Agatmörser leicht zu groben sandartigen Körnern zerdrücken liefs. Unter dem Mikroskope erschienen diese als lauter vollkommen ausgebildete Krystalle.

4,214 Grm. hatten das spec. Gewicht von
4,605
4,602 bei 20° C. (*d*).

Es zeigte sich also bei dieser Reihe von Versuchen die sonderbare Erscheinung, dafs durch eine mehr erhöhte Temperatur die Säure ein niedrigeres spec. Gewicht erhalten hatte, welches sich aber wiederum vermehrte, als die höchste Temperatur angewandt worden war, das aber doch nicht das hohe spec. Gewicht erreichte, welches die Säure gezeigt hatte, als sie dem gelindesten Glühen ausgesetzt worden war.

Bei dem spec. Gewicht von 4,605 mufste aber wohl deshalb die Säure von einem bestimmten gleichförmigen Zustand der Dichtigkeit seyn, weil sie bei diesem vollkommen krystallinisch erschien. Es war daher zu erwarten, dafs die Säure immer dieselbe Dichtigkeit und den krystallinischen Zustand zeigen werde, wenn man sie dersel-

ben Temperatur, also der Hitze des Porcellanofens aussetzt.

Diese Versuche mufsten wiederholt werden, besonders weil die über der Spirituslampe und im Kohlenfeuer geglühte Säure nicht durch das Mikroskop untersucht worden waren.

Eine neue Menge von Niobsäure vom Columbit von Bodenmais wurde in Niobchlorid verwandelt.

Ein Theil des Chlorids wurde unmittelbar nach seiner Bereitung und ohne vorher der Luft ausgesetzt worden zu seyn mit Wasser übergossen, das bei der Berührung mit dem Chloride stark zischte. Die auf diese Weise erhaltene Niobsäure läuft langsam durch's Filtrum, und läfst sich schwer von der Chlorwasserstoffsäure auswaschen, obgleich sie immer mit heifsem Wasser ausgesüfst wurde. Diefs ist nicht der Fall bei einer Säure, die aus einem Chlorid bereitet worden ist, das vor der Zersetzung vermittelst des Wassers lange der Luft ausgesetzt gewesen ist. Die erhaltene Säure wurde auf der Spirituslampe nur so lange erhitzt, bis die Feuererscheinung sich gezeigt hatte. Sie erschien unter dem Mikroskope nicht im mindesten krystallinisch.

4,306 Grm. dieser Säure zeigten das spec. Gewicht
von 5,257
- 5,252 bei 20° C. (*e*).

Ein anderer Theil von demselben Chloride wurde während eines Tages der Luft ausgesetzt. Er zerflofs nicht durch Anziehung von Wasser, sondern stiefs nur Dämpfe von Chlorwasserstoffgas aus. Es wurde mit Wasser behandelt, das ohne Temperaturerhöhung etwas Chlorwasserstoffsäure aufnahm; der gröfste Theil derselben hatte sich schon vorher verflüchtigt. Es wurde über der Spirituslampe geglüht, bis die Lichterscheinung sich gezeigt hatte. Mit dem Mikroskop untersucht, zeigte sich die Säure als aus Krystallen bestehend.

1,629 Grm. dieser Säure hatten das spec. Gewicht von 4,763 bei 20° C. (*f*).

Beide Mengen der Niobsäure wurden darauf einem vierstündigen starken Kohlenfeuer ausgesetzt. Die geglühte Säure mit dem Mikroskop untersucht, zeigte sich als aus Krystallen bestehend.

3,207 Grm. dieser Säure zeigten das spec. Gewicht von 4,581 bei 20° C. (*g*).

Die im Kohlenfeuer geglühte Säure wurde dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt. Obgleich die Temperatur in demselben als eine ziemlich gleiche angesehen werden kann, so mufste sie diefsmal doch stärker als gewöhnlich gewesen seyn. Die Säure war nämlich vollständig zu einer krystallinischen strahligen oder stengligen Masse geschmolzen. Die geschmolzenen Krystalle liefsen sich leicht trennen, und zeigten eine grofse Menge oft sehr glatter und glänzender Seitenflächen, ohne dafs sich jedoch über ihre eigentliche Form etwas bestimmtes herausbringen liefs. Die Säure war zum Theil, an den unteren Seiten, am Boden des Platintiegels schwärzlich gefärbt, in Folge einer Desoxydation zu einem niederen Oxyde durch die verbrennlichen Gase im Ofen; auf der Oberfläche war sie weifs.

Das spec. Gewicht dieser Säure wurde etwas niedriger gefunden, als das von anderen Quantitäten der Niobsäure, welche der Hitze des Porcellanofens ausgesetzt worden waren. Ich werde weiter unten zeigen, dafs es dadurch sonst sehr beständig wird. Aber theils konnte wohl die niedrige Oxydationsstufe des Niobs ein etwas niedrigeres spec. Gewicht als die Niobsäure haben, theils wurde die geschmolzene Säure in ganzen Stücken zur Bestimmung des spec. Gewichts angewandt, weil ich mich nicht entschliefsen konnte, sie zu pulvern. Es ist besonders wohl der letzte Umstand die Ursach des niedrigeren spec. Gewichts, indem in der geschmolzenen Masse leicht hohle Räume enthalten seyn konnten, da die Reduction der Niobsäure, ungeachtet der schwärzlichen Farbe, nur eine sehr geringe gewesen war. Glüht man pulverförmige Niobsäure in einem kleinen offenen Platintiegel über einer Spirituslampe, und zwar so, dafs die nicht ganz verbrannten Gase der Flamme den Tie-

gel ganz umgeben, und keine atmosphärische Luft in denselben dringen kann, so wird die Säure auf der Oberfläche grau, verliert aber schnell diese Farbe und wird gelb, und beim Erkalten weifs, so wie man atmosphärische Luft in den Tiegel treten läfst. Die im Porcellantiegel geglühte und geschmolzene Säure konnte sich nur in der oberen Masse oxydiren, und beim Erkalten die Luft nicht bis auf den Boden des Tiegels dringen, um eine vollkommene Oxydation zu bewirken.

3,777 Grm. der geschmolzenen Säure zeigten das spec. Gewicht von 4,589 bei 15° C. (*h*).

b) Niobsäure aus dem Columbit von Nordamerika.

Da derselbe weit weniger Pelopsäure enthält, als der von Baiern, so ist die Reinigung der daraus dargestellten Säure etwas leichter.

Die Säure wurde in Chlorid verwandelt, und dasselbe in zwei Theile getheilt. Die eine Menge wurde sogleich, unmittelbar nach der Bereitung mit Wasser übergossen, und die ausgewaschene Säure über der Spirituslampe geglüht, bis die Lichterscheinung sich gezeigt hatte.

Unter dem Mikroskop erschien die Säure nicht im mindesten krystallinisch.

3,844 Grm. der Säure hatten das spec. Gewicht von 5,259 bei 10° C. (*i*).

Diese Säure wurde der Hitze des Porcellanofens ausgesetzt. Sie war nicht zusammengeschmolzen, nur zusammengesintert, wie beim ersten Male, und zerfiel beim Drükken leicht zu einem sandartigen Pulver, das unter dem Mikroskope sich aus lauter Krystallen bestehend zeigte.

3,644 Grm. der Säure zeigten das spec. Gewicht von 4,601 bei 10° C. (*k*).

Die zweite Menge des Chlorids wurde 16 Tage hindurch der Einwirkung der Luft ausgesetzt. Es war dadurch gänzlich in Niobsäure verwandelt. Mit Wasser behandelt erfolgte keine Erwärmung, doch löste dasselbe noch ziemlich viel Chlorwasserstoffsäure auf.

Die

Die erhaltene Säure war sehr voluminös, und zeigte sich, unter dem Mikroskop untersucht, aus lauter Krystallen bestehend. Ueber der Spirituslampe geglüht, zeigten sie dieselbe Feuererscheinung, wie die nicht krystallinische Säure von dem hohen spec. Gewicht, die aus einem Chloride gewonnen worden war, das unmittelbar nach seiner Bereitung mit Wasser behandelt wurde. Durch das Glühen über der Spirituslampe und durch die Lichterscheinung veränderten sich die Krystalle scheinbar gar nicht. Unter dem Mikroskope besehen, erschienen die ungeglühte und die geglühte Säure vollkommen gleich. Diese Thatsachen sind auffallend.

2,626 Grm. dieser Säure hatten das spec. Gewicht von 4,664 bei 9° C. (*l*). Wegen der voluminösen Beschaffenheit war die Bestimmung des spec. Gewichts mit einigen Schwierigkeiten verknüpft.

Diese Säure wurde dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt. Sie war dadurch sehr zusammengesintert, liefs sich aber leicht zu einem sandartigen Pulver zerdrücken, das unter dem Mikroskop sich aus lauter grofsen Krystallen bestehend zeigte.

2,531 Grm. der Säure zeigten das spec. Gewicht von 4,602 bei 10° C. (*m*).

c) Niobsäure aus dem Samarskit (Uranotantal) von Miask in Sibirien.

Obgleich die Niobsäure aus diesem Mineral sich weit leichter reinigen läfst, weil in vielen Fällen gar keine Pelopsäure darin enthalten ist, als die aus dem Columbit von Baiern und von Nordamerika, so standen mir doch von diesen Mineralien weit gröfsere Mengen zu Gebote als von jenem. Ich konnte deshalb nur weit kleinere Mengen zur Bestimmung des spec. Gewichts anwenden.

Die dargestellte Niobsäure wurde in Chlorid verwandelt, und diefs, wie das aus der Säure des amerikanischen Columbits erhaltene in zwei Theile getheilt.

Die eine Menge, unmittelbar nach der Bereitung mit

Wasser übergossen, gab nach dem Auswaschen eine Säure, welche unter dem Mikroskope durchaus keine krystallinische Structur zeigte. Sie wurde über der Spirituslampe geglüht, bis die Lichterscheinung sich zeigte.

1,626 Grm. hatten das spec. Gewicht von 5,262 bei 13° C. (*n*).

Diese Säure, dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt, nahm ein geringes Volumen ein, war, wie die früheren Mengen, zusammengesintert, und unter dem Mikroskope vollkommen krystallisirt.

1,536 Grm. der Säure zeigten das spec. Gewicht von 4,626 bei 12° C. (*o*).

Der andere Theil des Niobchlorids wurde erst dann mit Wasser behandelt, nachdem er 10 Tage hindurch der Luft ausgesetzt worden war. Nach dem Aussüfsen wurde die Säure über der Spirituslampe geglüht, bis die Lichterscheinung sich zeigte. Die Säure bestand, unter dem Mikroskope besichtigt, aus lauter krystallinischen Fasern.

Das spec. Gewicht von 0,948 Grm. der Säure war 4,693 bei 12° C. (*p*).

Diese Säure dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt, wurde wie die andern dadurch in einen zusammengesinterten Zustand versetzt. Die filzartigen krystallinischen Fasern waren zu grofsen Krystallbündeln verwandelt worden.

0,955 Grm. der Säure hatten das spec. Gewicht von 4,692 bei 11° C. (*q*).

Aus diesen Untersuchungen folgt, dafs die Niobsäure in zwei verschiedenen Zuständen der Dichtigkeit dargestellt werden kann, die beide von einem bestimmten spec. Gewichte sind. Sie ist entweder amorph, oder krystallisirt; der amorphe Zustand ist der bei weitem dichtere, obgleich die Säure oft in diesem von sehr voluminöser Beschaffenheit erscheint, und in dem krystallisirten Zustand scheinbar oft ein weit geringeres Volumen einnimmt, als im amorphen Zustand.

Im amorphen Zustand erhält man die Niobsäure, wenn man sie in Chlorid verwandelt, und dieses unmittelbar nach seiner Bereitung mit Wasser behandelt. Das spec. Gewicht der Säure in diesem Zustande ist nach zwei Versuchen, *e* und *i*, 5,2545 und 5,259; nach einem dritten, *n*, der aber mit einer kleinen Menge angestellt wurde, 5,262. Es ist diefs der dichteste Zustand, welcher bei der Niobsäure gefunden worden ist. Welche Dichtigkeit die Niobsäure hat, wenn sie durch's Glühen aus der schwefelsauren Niobsäure dargestellt worden ist, ist von mir nicht untersucht. — Dafs die Säure *a* ein niedrigeres spec. Gewicht als die Säuren *e*, *i* und *n* hat, beruht darauf, dafs sie nicht unmittelbar nach der Bereitung mit Wasser behandelt worden war, sondern erst nach einiger Zeit, obgleich sie in einem verschlossenen Gefäfs aufbewahrt worden war, in welchem indessen doch ein, obgleich sehr beschränkter Zutritt der Luft stattfinden konnte.

Im krystallisirten Zustand kann die Niobsäure auf zwei Arten dargestellt werden, und zwar in beiden, wie es scheint, von demselben spec. Gewichte.

Die eine Methode ist die, dafs man das Chlorid des Niobs lange Zeit der Luft bei der gewöhnlichen Temperatur aussetzt, wobei es langsam Wasser anzieht, und sich in krystallisirte Niobsäure verwandelt. Wird diese, nach dem Auswaschen von der noch darin enthaltenen Chlorwasserstoffsäure, der gelindesten Glühhitze ausgesetzt, um sie ganz wasserfrei zu erhalten, so zeigt sie dieselbe Lichterscheinung, wie auch die amorphe Säure, behält aber die krystallinische Form, und hat dann das spec. Gewicht 4,664 und 4,693 (*l* und *p*). Dafs die Säure *f* das spec. Gewicht von 4,763 hatte, rührte daher, dafs das Chlorid, aus welchem sie dargestellt worden war, nur 24 Stunden der Luft ausgesetzt gewesen war, als es mit Wasser behandelt wurde, und daher noch amorphe Säure enthalten konnte. Dasselbe war unstreitig auch der Fall mit der Säure *b*, die noch mehr von der amorphen Säure enthalten mufste.

Die zweite Methode, um die Niobsäure vom krystalli-

sirten Zustande zu erhalten, ist die, dafs man sie der heftigsten Hitze aussetzt, welche ein Platintiegel aushalten kann, ohne mit dem thönernen Tiegel, in welchen man ihn gesetzt hat, stark zusammenzusintern; es ist diefs das Feuer eines Porcellanofens. Man kann hierzu jedwede Modification der Säure anwenden; sie erhalten alle dadurch krystallinische Gestalt und dasselbe specifische Gewicht. Die Versuche *d*, *k* und *m* zeigen, dafs die der erwähnten Hitze ausgesetzten Säuren, auch wenn sie aus Mineralien von ganz verschiedenen Fundorten dargestellt worden waren, hinsichtlich des spec. Gewichts auf eine merkwürdige Weise übereinstimmen. Auch die Säuren *o* und *q* weichen nur wenig im spec. Gewicht von den Säuren *d*, *k* und *m* ab, und diese Abweichung rührt unstreitig nur davon her, dafs sie zu den Versuchen in zu geringer Quantität angewandt werden mufsten, wodurch das Resultat minder genau ausfiel.

Die krystallinische Säure, welche dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt gewesen ist, ist um ein weniges leichter, als die, welche aus dem Chloride erhalten worden ist, wenn man dasselbe längere Zeit der Luft aussetzt, wodurch sie auch krystallinisch wird. Jene hat im Mittel der drei genauesten Versuche *d*, *k* und *m* das spec. Gewicht von 4,602; von dieser hingegen ist das leichteste spec. Gewicht 4,664 (*l*); die andern Versuche gaben die Säuren von einer noch etwas gröfseren Dichtigkeit. Dessen ungeachtet halte ich den Dichtigkeitszustand der nach beiden Methoden erhaltenen krystallisirten Säuren für gleich, und schreibe das etwas höhere spec. Gewicht der aus dem Chloride dargestellten krystallisirten Säure einer Einmengung von einer gewissen Menge amorpher Säure her.

Im amorphen Zustand ist also die Säure bedeutend dichter, als im krystallisirten. Die Dichtigkeiten verhalten sich wie 1 : 0,875, die amorphe Säure ist also um ein Achtel ihrer Dichtigkeit dichter, als die krystallinische. Es ist diese Thatsache ganz der gewöhnlichen Ansicht entgegen, dafs ein Körper im amorphen Zustand eine geringere Dichtig-

keit hat, als im krystallisirten. Die Versuche von Magnus über den Vesuvian und Granat, die von Fuchs über Schwefelantimon, und vom Grafen Schaffgotsch über Kieselsäure, haben wenigstens gezeigt, dafs diese Substanzen im krystallisirten Zustand dichter sind, als im amorphen.

Es scheint noch ein dritter Dichtigkeitszustand der Niobsäure zu existiren, in welchem sie ein noch leichteres spec. Gewicht als die krystallisirte Säure hat. In diesem erscheint sie, wenn die aus dem Chlorid dargestellte Säure einem anhaltenden Kohlenfeuer ausgesetzt worden ist. Die Säure in den Versuchen *c* und *g* zeigte das spec. Gewicht von 4,562 und 4,581. Die Säure *c* war nicht durch das Mikroskop untersucht worden, wohl aber die des Versuchs *g*, die aus Krystallen bestand. Ob diese Afterkrystalle waren, oder eigenthümliche, kann ich nicht entscheiden. Zu beiden Versuchen waren Mengungen von krystallisirter und amorpher Säure angewandt worden, wie sie aus dem Chlorid erhalten worden waren. Aber die Säuren *c* und *g* selbst konnten keine Mengungen von beiden seyn, da sie eine geringere Dichtigkeit als selbst die krystallisirte Säure hatten.

Auch die im Porcellanofen geglühte und geschmolzene Säure *h* hatte ein geringeres spec. Gewicht, als die anderen Mengen der Niobsäure, die dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt worden waren. Ich habe aber schon oben meine Vermuthungen über die Ursach der geringeren Dichtigkeit dieser Säure mitgetheilt.

Die bestimmt verschiedenen Zustände der Dichtigkeit bei einer und derselben feuerbeständigen festen Substanz, die durch verschiedene Hitzgrade erzeugt werden, ohne dafs dabei die Substanz in einen anderen Aggregatzustand vewandelt worden und geschmolzen ist, scheinen mir für die Lehre vom Atomvolumen der Körper von grofsem Interesse. Man mufs natürlich künftig, wenn man das specifische Gewicht zur Bestimmung des Atomvolums benutzen will, die analogen Dichtigkeiten der Körper zu ermitteln suchen.

Ich mache hier noch keine Anwendung von dem spec. Gewichte der Niobsäure auf das Atomvolum derselben, da ich mich noch nicht über das Atomgewicht des Niobiums ausgesprochen habe. Es ist besonders der Umstand, dafs ich mich noch nicht entscheiden kann, ob ich die Niobsäure als aus Nb+2O, oder aus 2Nb+3O zusammengesetzt betrachten soll, der mich bisher abgehalten hat, meine quantitativen Untersuchungen über die Verbindungen des Niobs und der Niobsäure bekannt zu machen.

Man hat in neueren Zeiten auch bei den flüchtigen Körpern im gasförmigen Zustande verschiedene Dichtigkeiten beobachtet, je nachdem man sie einer niederen oder höheren Temperatur ausgesetzt hatte. Die verschiedenen Dichtigkeiten der Körper im festen Zustande bieten aber deshalb ein gröfseres Interesse dar, als sie uns vielleicht Aufklärungen über die Ursachen verschaffen können, die stattfinden mögen, dafs ein Körper bald im amorphen, bald in einem krystallisirten Zustand erscheint. Es ist wohl das Verdienst von Fuchs, zuerst auf die verschiedenen Eigenschaften der Körper in diesen beiden verschiedenen Zuständen aufmerksam gemacht zu haben.

IX. *Vorläufige Notiz über das Verhalten der vegetabilischen Kohle zu Chlor, Brom, Jod, Chlorkalk und Untersalpetersäure;*

von C. F. Schoenbein.

Mir vorbehaltend, später umständlichere Angaben über den oben bezeichneten Gegenstand zu machen, finde ich mich veranlafst, jetzt schon einige Resultate meiner Untersuchungen darüber mitzutheilen.

Die grofse Analogie, welche das Ozon in vielen seiner chemischen Eigenschaften mit dem Chlor, Brom, Jod und der Untersalpetersäure zeigt, und die Thatsache, dafs Koh-

lenpulver rasch das Ozon zerstört, veranlafste mich im Laufe des Sommers das Verhalten der Kohle zu den vorhin genannten Körpern zu prüfen, wobei ich folgende Ergebnisse erhielt.

1) Wird atmosphärische Luft mit so viel Chlor beladen, dafs das Gemenge gelblich erscheint, in demselben Jodkaliumkleister plötzlich blauschwarz sich färbt, und Indigopapier augenblicklich sich bleicht, mit Kohlenpulver geschüttelt, so verschwindet rasch das Chlor vollständig, dafs davon in der Luft auch nicht eine Spur zurückbleibt.

2) Läfst man durch eine mit Kohlenpulver gefüllte Glasröhre mäfsig rasch Chlor strömen, so kommt anfänglich zum offenen Ende der Röhre keine Spur dieses Gases heraus, die Kohle erhitzt sich stark entlang der ganzen Röhre, und erst wenn alle Portionen des Pulvers sich erhitzt haben, tritt das Chlor in die Luft. Die so behandelte Kohle riecht nicht nach Chlor, stöfst an der Luft Salzsäuredämpfe aus und giebt an das Wasser kein Chlor, sondern nur Salzsäure ab. Auch entwickelt diese Kohle bei der Erhitzung kein Chlor; sie zersetzt jedoch Jodkalium, entbläut Indigolösung und bläut Guajaktinktur. Diese Eigenschaft verliert sie jedoch bei längerem Zusammenstehen mit Wasser oder Luft.

3) Chlorwasser mit der gehörigen Menge Kohlenpulver geschüttelt, verliert rasch seine Färbung, seinen Geruch, sein Bleichvermögen und wird salzsäurehaltig.

4) Eine wäfsrige Lösung des unterchlorichtsauren Kalks (Chlorkalks), mit Kohlenpulver behandelt, verliert ihre Bleichkraft u. s. w.

5) Die braune, aus Mangansuperoxyd und Salzsäure, nach Chlor riechende und bleichende Flüssigkeit wird durch Kohlenpulver entfärbt, und ihres Geruchs und Bleichvermögens beraubt, d. h. in das gewöhnliche Chlormangan verwandelt.

6) Die dickste Atmosphäre von Bromdämpfen wird selbst bei 100° durch Kohlenpulver sehr rasch und vollstän-

dig verschluckt. Reibt man schnell mit letzterem flüssiges Brom zusammen, so verflüchtigen sich von diesem Körper nur die Theile, welche nicht sofort in Berührung mit Kohle gekommen, weshalb nur wenig Brom verloren geht, wenn die erwähnte Operation rasch ausgeführt wird. Die Bromkohle entwickelt bei 100° noch kein Brom, wohl aber bei höherer Temperatur.

7) Wäfsrige Bromlösung mit Kohlenpulver geschüttelt, wird gänzlich entfärbt und ihres Geruches und Bleichvermögens beraubt. Hieraus erklärt sich, weshalb die Bromkohle an das Wasser kein Brom abgiebt; es zersetzt jedoch dieselbe das Jodkalium und zerstört die Farbe der Indigolösung. Es verdient hier bemerkt zu werden, dafs käufliches Brom, welches Bromkohlenwasserstoff enthält, letzteren sofort an dem ihm eigenthümlichen Geruch erkennen läfst, wenn man Dämpfe solchen Broms durch Kohlenpulver aufsaugen läfst.

8) Joddämpfe werden durch Kohlenpulver selbst bei 100° rasch verschluckt, und reibt man einen Theil festen Jods mit neun Theilen Kohlenpulvers zusammen, so entwikkelt sich aus einem solchen Gemenge selbst bei 100° keine Spur von Joddampf, in dem Stärkekleister über so beumstandeter Jodkohle sich nicht bläut; bei merklich höherer Temperatur wird Jod frei. Jodkohle vermag, wie blofses Jod, die Guajaktinktur zu bläuen. Braungelbes Jodwasser läfst sich durch Kohlenpulver rasch und vollständig entfärben.

9) Schon vor geraumer Zeit zeigte ich, dafs selbst in der gröfsten Kälte Kohlenpulver aus dem ersten Salpetersäurehydrat Untersalpetersäure abscheidet, ohne dafs hiebei Kohlensäure gebildet wird. Ich führte diese Thatsache zu Gunsten meiner Ansicht an, gemäfs welcher das Salpetersäurehydrat $= NO_4 + HO_2$ ist, und die Kohle NO_4 aus dieser Verbindung frei macht, in sofern sein HO_2 (nach Thénard's Versuchen) zerstört wird, ohne gleichzeitig stattfindende Kohlensäurebildung. Annehmend, dafs sich beim Vermischen von NO_4 mit

Wasser, aufser $NO_4 + HO_2$, auch noch $NO_2 + HO_2$ bilde, hielt ich es für möglich, dafs letztere Verbindung noch rascher durch Kohle zerlegt werde, als das Salpetersäurehydrat. Vermischt man einen Theil Untersalpetersäure mit neun Theilen Wassers, und füllt man mit dieser Flüssigkeit eine Glasröhre an, die einiges Kohlenpulver enthält, so findet eine stürmische Entbindung von Stickoxydgas statt, dessen Menge die Röhre anfüllt, wenn man das offene Ende der letzteren sofort unter Wasser bringt. Dafs unter diesen Umständen keine Kohlensäure sich bildet, bedarf kaum ausdrücklicher Bemerkung.

Wie mir scheint, hängt die so merkwürdige Eigenschaft der Kohle: Chlor, Brom, Jod und Ozon zu verschlucken, zusammen mit dem Vermögen der gleichen Materie: Wasserstoffsuperoxyd, concentrirte Salpetersäure, wäfsrige Untersalpetersäure, Uebermangansäure u. s. w. zu zersetzen, ohne Bildung von Kohlensäure. Dieses merkwürdige Verhalten dürfte seinen Grund weniger in dem Vermögen der Kohle haben, Gase zu verschlucken, als in einer Thätigkeit, die wir noch wenig oder gar nicht kennen.

Basel, im November 1847.

X. *Auffindung einer Meteoreisen-Masse in der Mark Brandenburg.*

1) Aus einem Schreiben des Herrn Prof. Glocker.

Breslau, 7. December 1847.

— Bei dem Dorfe Seele'schen (?), zwischen Schwiebus und Züllichau in der Provinz Brandenburg, ist schon vor einiger Zeit ein Meteoreisen von beträchtlicher Gröfse gefunden worden, und hat bisher unbeachtet unter verschiedenen geschiebeartigen Steinen vor dem Hause eines Landmanns gelegen. Dasselbe hat eine unregelmäfsig-rundliche

Form mit vielen Vertiefungen, mifst über einen Fufs im Durchmesser und wiegt ungefähr zwei Centner. An der Oberfläche ist es schwarz, aber an vielen Stellen mit Eisenoxydhydrat überzogen, im Innern vollkommen compact, homogen und von stahlgrauer Farbe, und gleicht hierin, so wie in der Geschmeidigkeit, dem bei Braunau in Böhmen herabgefallenen Meteoreisen so sehr, dafs es wahrscheinlich auch dieselben chemischen Bestandtheile hat. Wann dieses Meteoreisen herabgefallen ist, hat sich noch nicht ausmitteln lassen.

2) **Aus den Berichten der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur.**

Naturwissenschaftliche Section, 8. Dec. 1847.

— In der heutigen Sitzung theilte Hr. Prof. Duflos Folgendes mit: Vor etwa acht Tagen wurde ich vom Hrn. Mechanikus Ilgmann benachrichtigt, dafs Hr. Mechanikus Hartig auf einer Geschäftsreise in der Umgegend von Grünberg bei Seeläsgen (einem im Kreise Schwiebus des Frankfurter Regierungs-Bezirkes gelegenen Dorfe) eine fast zwei Centner schwere Eisenmasse angetroffen, deren äufsere Aehnlichkeit mit dem Braunauer Meteoreisen, welches ihm aus den in der schlesischen Gesellschaft darüber gehaltenen Vorträgen bekannt war, aufgefallen sey, und ihn veranlafst habe, einige Bruchstückchen mitzunehmen, um sie hier einer näheren chemischen Prüfung unterwerfen zu lassen. Durch Hrn. Ilgmann wurden mir diese Bruchstückchen eingehändigt, und die Prüfung ergab alsbald, dafs Hr. Hartig sich nicht getäuscht. Auf die von mir an den zeitigen Präses der schlesischen Gesellschaft, Hrn. Prof. Dr. Göppert, gemachte Mittheilung dieser Angelegenheit beeilte sich derselbe Letzteren zu bitten, die fragliche Eisenmasse behufs näherer Anschauung und genauerer Untersuchung kommen zu lassen. Hr. Hartig entsprach alsbald dieser Aufforderung, und die genannte, hier eben vorliegende Masse gelangte am vergangenen Sonntag nach Breslau. Es wurde mir nun sogleich eine zur quantitativen Un-

tersuchung hinreichende Menge von derselben übergeben. Die näheren Resultate der Analyse werde ich später der Section mitzutheilen nicht unterlassen, und begnüge mich gegenwärtig nur mit der Bemerkung, *dafs wie das Aeufsere, so auch der wesentliche innere Gehalt, nämlich Eisen, Phosphoreisen, Nickel, Kobalt u. s. w., die vollkommenste Aehnlichkeit mit den Braunauer Massen zeigen, so dafs jetzt schon der meteorische Ursprung des Seeläsgen'schen Eisens wohl unzweifelhaft feststehen dürfte.*

Göppert.

Zusätzliche Bemerkung vom Herausgeber.

Wenn es gewifs ist, dafs allemal, wann eine Feuerkugel mit einem Knalle zerspringt, etwas zur Erde herabfallen mufs, so haben wir in unseren Gegenden offenbar noch mehre solcher Fündlinge zu erwarten, als uns der eben erwähnte glückliche Zufall kennen gelehrt hat. In Chladni's bekanntem Werke: »*Ueber Feuermeteore*« finden sich mindesten vier Ereignisse aufgezählt, die zu diesen Hoffnungen berechtigen, nämlich:

1641, Sept. 25, in der Lausitz, wodurch angeblich der schwed. Obrist Wanken veranlafst ward, die Festung Görlitz zu übergeben (a. a. O., S. 100). — 1750, Febr. 9, in Schlesien (ohne Angabe des Orts), Stücke sollen in die Oder gefallen seyn (S. 115). — 1762, Juli 3, die von Silberschlag beschriebene Feuerkugel, die einige Meilen hinter Potsdam mit einem Knalle zersprang, den man 20 Meilen weit hörte (S. 122). — 1796, März 8, in der Lausitz, Mark Brandenburg u. s. w. In Zossen war die Explosion am heftigsten. Nach Chladni's Vermuthung ist indefs bei diesem Ereignifs eine zähe Masse heruntergefallen (S. 134, und 374).

Es wäre wohl interessant zu ermitteln, ob die bei Schwiebus gefundene Masse von einem dieser Meteore oder von einem nicht weiter bekannten herstamme.

Bei dieser Gelegenheit mag noch ein kleiner historischer Irrthum berichtigt seyn. Die Braunauer Meteoreisen-Masse

ist nicht, wie ich in d. Ann., Bd. 72, S. 173, sagte, die zweite, deren Niederfallen beobachtet worden, sondern die *dritte*. Bei *Charlotte*, Hauptort in der Grafschaft Dickson, Staat Tennessee, ist nämlich i. J. 1835, Ende Juli's oder Anfangs August's, in Gegenwart mehrer auf dem Felde arbeitender Menschen aus einem explodirenden Meteore eine Eisenmasse herabgefallen, und auch gleich nach dem Fall gefunden worden. Prof. Troost hat sie in Silliman's *Journ.* (1845), *T. XLIX*, *p.* 336, beschrieben. Sie hatte eine birnförmige Gestalt, betrug aber im Ganzen nur 9 bis 10 Pfund. — Alle übrigen nordamerikanischen Meteoreisenmassen, deren Prof. Shepard in einem lehrreichen Aufsatz (Sillim. *Journ.*, *N. S.*, *Vol. II*, *p.* 377), der nächstens mitgetheilt werden wird, im Ganzen 22 aufzählt, sind nur gefundene, deren Fall man nicht kennt.

Auch in Bezug auf die eingeschlossenen Schwefelkiesknollen steht die Braunauer Masse nicht isolirt da. Die zu Cambria, bei Lockport, Grafschaft Niagara, Staat New-York, gefundene, 36 Pfund schwere Masse, welche zuerst vom Prof. Olmsted (Sillim. *Journ.*, *N. S.*, 1846, *Vol. II*, *p.* 388) beschrieben ward, zeigt ganz dieselben Einschlüsse, und auf der Oberfläche auch eben solche Vertiefungen wie die böhmische.

XI. *Ueber die krystallinische Structur des Eisens; von E. F. Glocker.*

Bekanntlich ist bei dem gediegenen Eisen in der Regel keine krystallinische Structur wahrnehmbar, sondern statt derselben ein hackiger Bruch, welcher zuweilen auch in den unebenen übergeht. Nur bei wenigen Meteoreisenmassen hatte man bisher eine Spur von blättriger Structur gefunden, die aber als so undeutlich geschildert wird, dafs die Beobachter die Richtungen dieser Structurflächen nicht näher zu bestimmen im Stande waren. Die sogenannten

Widmanstätten'schen Figuren, welche man durch Aetzen geschliffener und polirter Platten von manchem Meteoreisen — denn nicht jedes Meteoreisen zeigt diese Erscheinung [1]) — mit durch Wasser verdünnter Salpetersäure erhält [2]), deuten durch die Winkel, unter welchen die bei dieser Behandlung zum Vorschein kommenden Linien einander durchschneiden, auf eine octaëdrische Structur des Meteoreisens hin. Indessen sind auf dem frischen Bruche des Eisens meines Wissens noch niemals Blätterdurchgänge parallel den Flächen des regulären Octaëders bemerkt worden, weder beim meteorischen noch beim tellurischen gediegenen Eisen; daher man die Entstehung jener Figuren mit mehr Wahrscheinlichkeit durch die Annahme einer Zusammensetzung mancher Meteoreisenmassen aus nicht zur Ausbildung gelangten octaëdrischen Krystallen, oder durch die Annahme eines Aggregats sehr innig mit einander verbundener Octaëder erklären kann.

Eine octaëdrische Structur des Eisens ist also durch directe Beobachtungen nicht zu erweisen. Dagegen hat man schon längst bei dem durch künstliche Schmelzung dargestellten Eisen unter gewissen Umständen eine blättrige Structur parallel den Flächen des Würfels beobachtet. Dieses ist der Fall bei dem durch den Frischprocefs gereinigten Eisen, beim sogenannten Stabeisen, und zwar eben sowohl ohne weitere Behandlung, als auch, und vorzüglich, wenn es zuvor eine geraume Zeit der Glühhitze ausgesetzt und dadurch weich geworden ist [3]). Hieraus konnte man schon mit gröfster Wahrscheinlichkeit schliefsen, dafs auch

1) C. v. Schreiber, Beiträge zur Geschichte und Kenntnifs meteorischer Stein- und Metallmassen etc. Wien 1820. S. 72, Anm. 1.

2) A. a. O. S. 70 f., Taf. 8 und 9.

3) Schon der Graf Joachim v. Sternberg (Versuch über das vortheilhafte Ausschmelzen des Roheisens und dessen Verarbeitung in den Frischheerden etc. Prag 1795. S. 19) giebt die cubische Structur des Stabeisens mit Bestimmtheit an, und sie ist jetzt eine ausgemachte Thatsache.

das gediegene Eisen eine krystallinische Structur parallel den Würfelflächen besitzen werde.

Dieses ist nun durch die Untersuchung der beiden in mehrfacher Hinsicht so eigenthümlichen und einander ungemein ähnlichen Meteoreisenmassen von Hauptmannsdorf bei Braunau in Böhmen, und von Seeläsgen unweit Schwiebus, im Regierungsbezirk Frankfurt in Brandenburg, wovon die erstere am 14. Juli 1847 herabgefallen, die andere einige Monate später unter verschiedenen Geschieben sogenannter Urfelsgesteine aufgefunden worden, und ihrer ganzen Beschaffenheit nach gleichfalls unbezweifelt meteorischen Ursprungs ist, bestätigt worden. Beide erscheinen im Bruche krystallinisch-blättrig von drei vollkommen gleichen, einander rechtwinklig schneidenden Structurflächen, während sie andererseits beim gewaltsamen Zerreifsen einen sehr scharfen hackigen Bruch darstellen und das Ansehen einer compacten Masse haben. Wie mich an dem schon in den ersten Tagen des August's 1847 mir zugekommenen Stücke des Braunauer Meteoreisens die blättrige Structur überraschte, weil eine solche noch bei keinem anderen gediegenen Eisen wahrgenommen worden war, so hat auch Hr. Bergrath Haidinger [1]), nach seinen Beobachtungen an einem gröfseren Exemplar, diese Structur als in hohem Grade vollkommen geschildert. Wenn ich jedoch die blättrige Structur des Braunauer Meteoreisens und desjenigen von Seeläsgen, welches nun in den Besitz des Hrn. Dr. Schneider in Breslau übergegangen ist, dessen ausgezeichnete Mineraliensammlung dadurch einen sehr werthvollen Zuwachs erhalten hat, — nach dem, was ich von beiden gesehen habe, mit einander vergleiche, so übertrifft die Structur des letzteren die des ersteren noch an Vollkommenheit, ja dieselbe ist in der That vom höchsten Grade der Schönheit. Freilich gelingt es nicht immer, diese höchst ausgezeichnete blättrige Structur zur Darstellung zu bringen, was vorzüglich nur durch ein nicht zu rasches Zerbrechen eines bereits mit einem Sprunge versehenen Exem-

1) Diese Annalen, Bd. 72 (1847), S. 582.

plars von geringer Dicke geschieht. In diesem Falle zeigt sich die Structur zugleich grofsblättrig, während sie an anderen Stellen oft kleinblättrig ist. Bei diesem vollkommen-blättrigen Gefüge kommen auf dem Bruche bald regelmäfsig-cubische, bald nach einer Richtung säulenförmig verlängerte rechtwinklig parallelepipedische Stücke zum Vorschein, welche aus der Bruchfläche stark heraustreten und scharf ausgeprägte Kanten und Ecken zeigen, welche selbst schärfer sind, als es beim grofsblättrigen Bleiglanz der Fall ist. Es mufs in der That auffallen, dafs bei einer so ausnehmend zähen und geschmeidigen Substanz, wie das Meteoreisen ist, sich die krystallinische Kraft noch in so hohem Grade wirksam zeigt. Unter allen bis jetzt bekannten geschmeidigen Metallen ist kein einziges, welches eine blättrige Structur von so hoher Vollkommenheit besitzt, wie die Meteoreisen von den beiden genannten Orten, und besonders das zuletzt erwähnte.

Aber so vollkommen auch die krystallinisch-blättrige Structur der in Rede stehenden Meteoreisen ist, so besteht in dieser Hinsicht doch noch ein bedeutender Unterschied zwischen ihnen und anderen vollkommen-blättrigen Mineralien. Diese letzteren, wie z. B. der blättrige Bleiglanz und, aus anderen Krystallsystemen, der Kalkspath, Gyps, Schwerspath, Glimmer u. a., lassen sich nicht nur überhaupt mehr oder weniger leicht zerschlagen oder zersprengen, sondern auch nach den vollkommenen Structurflächen in mehr oder weniger deutliche Lamellen und in immer kleiner werdende, einander ähnliche krystallinische Bruchstücke spalten, so wie sie auch beim Zerschneiden nach verschiedenen Richtungen immer noch die krystallinische Structur mehr oder weniger deutlich erkennen lassen. Das Eisen aber läfst sich, wie alle geschmeidigen Metalle, gar nicht mit dem Hammer zersprengen, sondern nur zerhacken, zerschneiden und zersägen, oder bei nicht zu grofsem Volumen, wenn es die Form dünner oder flacher Stücke hat, gewaltsam zerreifsen, und nur an solchen Stellen, wo es bereits von Sprüngen durchzogen ist, durch einen kräftigen Druck der Hand zerbrechen, wobei dann entweder der hackige Bruch oder die erwähnten krystallinischen Structurstücke zum Vorschein kommen, die sich aber nicht weiter nach den krystallinischen Flächen theilen lassen. Da wo die blättrige Structur weniger deutlich oder etwas verschoben ist, kann man zuweilen auch eine Art von Uebergang der krystallinischen Kanten und Ecken in den hackigen

Bruch nachweisen. Beim Zerschneiden und Zersägen läfst das Eisen nichts von krystallinischer Structur wahrnehmen, sondern erhält in diesem Falle ganz das Ansehen einer compacten Masse, in welcher man nicht die geringste Spur von Durchgangsebenen und auch nicht einmal die zartesten Linien bemerken kann, die auf eine krystallinische Structur hinwiesen. Die Ursache dieses verschiedenen Verhaltens des krystallinischen Eisens in Betreff seiner Structur, verglichen mit anderen vollkommen-krystallinischen Mineralien — in welchem Verhalten es ohne Zweifel mit allen anderen geschmeidigen Metallen übereinstimmt, wenn man auch gleich bei diesen keine oder nur eine sehr undeutliche krystallinische Structur entdeckt hat, — liegt in der ungemein starken Continuität seiner Theilchen, in seiner grofsen Zähigkeit und Geschmeidigkeit, vermöge deren es sich bis zu einem hohen Grade in einer Richtung zusammendrücken, in einer anderen ausdehnen läfst, ohne Trennungen in seiner Substanz zu bekommen. Beim Zerschneiden und Zersägen geben daher die Theile überall, wo der Druck auf sie ausgeübt wird, nach, und werden zu einer dichten Masse zusammengedrückt. Findet aber nach langer gewaltsamer, mechanischer Kraftanwendung endlich wirklich eine Trennung durch die frische Masse hindurch statt, oder bildet sich ein Sprung, nach welchem sich das Eisen zerbrechen läfst, so kommt dann auch wirklich, wie bereits bemerkt wurde, die krystallinische Structur zum Vorschein, wofern eine solche überhaupt mit einiger Deutlichkeit vorhanden ist.

Der erwähnte auffallende Unterschied in der Art und Weise, wie sich die krystallinische Structur bei geschmeidigen Metallen und bei anderen Mineralien zu erkennen giebt, macht es zugleich einleuchtend, dafs der Ausdruck *Spaltbarkeit*, wenn man damit die krystallinische Structur bezeichnen will, nicht allgemein passend ist. Die krystallinische Structur ist eine Fähigkeit, eine Anlage (*indoles*) der Substanz, also etwas Primitives, als eine wesentliche Eigenschaft in der Substanz liegendes; die Spaltbarkeit dagegen ist etwas Secundäres, etwas blofs Aeufserliches, welches mit der krystallinischen Structur verbunden seyn kann oder nicht. Die krystallinische Structur kann bestehen ohne Spaltbarkeit, die letztere aber setzt die erstere voraus

1848. ANNALEN No. 3.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXIII.

I. *Betrachtungen über die Vorgänge im galvanischen Strom; von J. C. Poggendorff.*

(Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 25. November.)

Die nachfolgenden Betrachtungen wurden veranlafst durch ein Paar Versuche, die ich anstellte, um mich über einige Fragen in Betreff der Wärmeentwicklung des galvanischen Stroms durch eigene Erfahrung zu belehren. Sie erheben keine gröfseren Ansprüche als ihnen ihrer Natur nach zukommen kann, und würden ihren Zweck auch dann als erfüllt ansehen, wenn eine experimentelle Prüfung der durch sie angeregten Gegenstände ein anderes als das erwartete Resultat geben sollte.

Wie bekannt sind die Wärmewirkungen der galvanischen Elektricität erst vor wenigen Jahren genauer erforscht. Zu einer Zeit, da auch ich mit dem Plane umging, diesen bis dahin sehr vernachlässigten Zweig des Galvanismus näher in Untersuchung zu ziehen, im J. 1841, ist Hr. Joule, bei Manchester, so glücklich gewesen, das Grundgesetz der Erscheinungen aufzufinden. Durch Temperaturmessungen an Drähten und Flüssigkeiten, die von Strömen verschiedener Stärke durchflossen wurden, gelangte derselbe nämlich zu dem Resultat, dafs die Wärmemenge, welche in einem Theil der galvanischen Kette, sey er starr oder flüssig, innerhalb einer bestimmten Zeit entwickelt wird, proportional ist dem Product:

$$i^2 r,$$

d. h. dem Quadrat der Stromstärke, multiplicirt mit dem Widerstand dieses Theils der Kette [1]); — während früher einige Physiker, namentlich Ohm [2]), Fechner [3]), Vors-

1) *Philosoph. Magazine*, 1841, *Vol. XIX.*, *p.* 260.

2) Kastner's Archiv, 1829, Bd. XVI., S. 1.

3) Lehrbuch d. Galvanismus, 1829, S. 317.

selman de Heer[1]), freilich ohne thatsächliche Stütze, die Meinung aussprachen, sie gehe einfach der Stromstärke proportional, eine Meinung, von der sich indefs schon einige beiläufig von de la Rive[2]), Peltier[3]) und W. Weber[4]) angestellte Messungen merklich zu entfernen schienen.

Die Apparate und Mefsweisen, welche Joule anwandte, sind nur roh, und können für das aufgestellte Gesetz kein volles Vertrauen erwecken, ungeachtet er später ein ähnliches für den magneto-elektrischen Strom nachgewiesen hat[5]); allein das Gesetz ist bald hernach einerseits für Flüssigkeiten durch E. Becquerel[6]), und andrerseits für starre Leiter durch die sorgsamen Messungen von Lenz[7]), in dem Grade bestätigt worden, dafs sich seine Richtigkeit nicht bezweifeln läfst, um so mehr als es *mutatis mutandis* ganz mit dem zusammenfällt, welches schon mehre Jahre früher die schönen Untersuchungen von Riefs für die Entladungen der Reibungselektricität dargethan haben[8]).

Es liegt wohl auf der Hand den Schlufs zu ziehen, wie es auch von Joule geschehen ist, dafs wenn das Gesetz sich für einen Theil der Kette bewährt, es auch für die ganze Ausdehnung derselben gültig seyn müsse. Dieser Schlufs ist freilich noch nicht experimentell bestätigt worden (was in directer Weise auch grofse Schwierigkeiten haben würde), und er kann daher Bedenken erregen, zumal ihm einige Erfahrungen zu widersprechen scheinen. So weifs

1) Annal., 1839, Bd. 46, S. 513 u. Bd. 48, S. 292.

2) *Annales de chim. et de phys.*, 1836, *T. LXII.*, *p.* 193. (Annal. Bd. 40, S. 527.)

3) *Ann. de chim. et de phys.*, 1836, *T. LXIII.*, *p.* 249.

4) Resultate des magnet. Vereins, 1840, S. 89.

5) *Philosoph. Magazine*, 1843, *Vol. XXIII.*, *p.* 265, 347, 435.

6) *Ann. de chim. et de phys.*, 1843, *T. IX.*, *p.* 21.

7) *Bullet. phys. mathem. de l'acad. de St. Petersb.*, 1843, *T. II.*, *p.* 161. (Ann., Bd. 61., S. 18.)

8) Ann., 1837, Bd. 40, S. 335, und 1838, Bd. 43, S. 47 und Bd. 45, S. 1.

man durch Peltier, dafs an den Berührungspunkten starrer Leiter, die vom galvanischen Strom durchflossen werden, besondere Wärmephänomene auftreten, die einen thermo-elektrischen Gegenstrom erzeugen; und eben so ist bekannt, dafs bei der galvanischen Wasserzersetzung die Elektroden in ungleichem Maafse erwärmt werden.

Allein ich halte es nicht für glaublich, dafs die Verallgemeinerung des Joule'schen Gesetzes durch diese Erscheinungen beeinträchtigt werde. Denn was zunächst die ungleiche Erwärmung der Elektroden bei der Wasserzersetzung betrifft, so ist sie, wenigstens der Hauptsache nach, offenbar eine secundäre Wirkung, hervorgebracht durch die Vergasung der ausgeschiedenen Stoffe, wie daraus erhellt, dafs sich die Platte, an der das Wasserstoffgas, also das gröfsere Gasvolum, entwickelt wird, weniger erwärmt, als die andere, welche das Sauerstoffgas ausgiebt, wovon ich mich selbst überzeugt habe.

Anlangend zweitens das Peltier'sche Phänomen, so ist es mehr als wahrscheinlich, dafs es auf die Wärmeerregung der gesammten Kette keinen Einflufs hat, denn die überschüssige Temperaturerhöhung, die an einem Wechselpunkt der Leiter entsteht, ist vermuthlich eben so grofs als die Temperaturerniedrigung, die factisch an dem nächstfolgenden Wechselpunkt stattfindet, falls sich daselbst Leiter der nämlichen Art berühren. Selbst wenn in dem metallischen Bogen der Kette mehr als zwei heterogene Leiter mit einander abwechseln sollten, ist ein analoges Verhalten zu erwarten, da schon nach älteren Versuchen von Becquerel sen.[1]) die thermo-elektrischen Erregungen ein ähnliches Gesetz zu befolgen scheinen, wie das bekannte Volta'sche der Spannungen.

Vollends endlich können diejenigen überschüssigen Wärmeentwicklungen keinen Einwand bilden, welche man an den Berührungspunkten von Leitern gleicher Art bemerkt hat, z. B. an den Punkten, wo die Glieder einer aus Draht ge-

1) *Annales de chimie et de physique, T. XLI., p.* 353. (Ann. Bd. 17, S. 535.)

bildeten Kette lose in einander hängen, oder an Flüssigkeiten, die durch poröse Zwischenwände in Zellen getheilt sind [1]); denn offenbar ist an solchen Punkten, wegen mangelhafter oder eingeschränkter Berührung, der Widerstand gröfser als in dem ununterbrochen zusammenhängenden Theile des Leiters, und folglich ist die erhöhte Wärmeentwicklung ganz gesetzmäfsig.

Ich werde übrigens weiterhin ein Verfahren angeben, durch welches zwar in indirecter, aber wie mir scheint, unzweifelhafter Weise dargethan werden kann, dafs das Joule'sche Gesetz nicht blofs für einen Theil der Kette, sondern auch für die ganze Ausdehnung derselben gültig ist. Es wird also die gesammte Wärmemenge w, welche eine Volta'sche Kette innerhalb einer zur Einheit angenommenen Zeit entwickelt, ebenfalls durch den früheren Ausdruck:

$$w = i^2 r \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

vorgestellt seyn, sobald r den gesammten Widerstand der Kette bezeichnet.

Combinirt man diesen Ausdruck mit der bekannten Ohm'schen Formel: $ir = k$, so erhält man noch die folgenden:

$$w = ik \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (2),$$

$$w = \frac{k^2}{r} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (3),$$

welche beide auch schon von Joule, nur anders ausgesprochen und freilich ohne Beweise, gegeben worden sind.

Betrachtet man unter diesen Ausdrücken zuvörderst den zweiten, so sagt also derselbe, dafs bei gleichbleibender elektromotorischer Kraft (k), mithin bei Ketten derselben Art, *die gesammte Wärmemenge direct proportional ist der Stromstärke i* oder, was dasselbe ist, *direct proportional der Menge des in derselben Zeit elektrolytisch aufgelösten Zinks oder sonstigen positiven Metalls.*

Dieses für die chemische Theorie scheinbar so günstige Resultat, ist neuerdings noch von Botto hervorgehoben

1) *De la Rive, Bibl. univers., T. XL., p.* 40. (Ann. Bd. 15, S. 257.)

worden [1]), aber derselbe hat unbemerkt gelassen, daſs sich die Sache ganz anders gestaltet, wenn man die Stromstärke constant setzt, und die elektromotorische Kraft variabel nimmt. Dann ist die *gesammte Wärmemenge, welche die Kette in einer bestimmten Zeit entwickelt, proportional dieser Kraft, und folglich kann sie in Ketten verschiedener Art bei einer und derselben Menge von elektrolytisch aufgelöstem Zink sehr ungleich seyn.*

Es war gerade dieser eben so interessante als für die Theorie vom Ursprunge des Galvanismus wichtige Satz, welcher besonders meine Aufmerksamkeit erregte. Ungeachtet er klar aus den Prämissen hervorgeht, schien es mir doch nicht überflüssig, denselben nochmals einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen, um so jeden Zweifel an seiner Richtigkeit niederzuschlagen.

Eine solche Prüfung ist offenbar am einfachsten gemacht, wenn man Ströme von gleicher Stärke, aber von ungleicher elektromotorischer Kraft successive durch einen bestimmten Leiter flieſsen läſst, und die in demselben in einer gewissen Zeit entwickelte Wärmemenge miſst. Findet sich, daſs diese Wärmemenge gleich ist, so folgt nothwendig, daſs die Wärmemenge, welche von den gesammten Ketten dieser Ströme entwickelt wird, ungleich ist, sich verhält wie die elektromotorischen Kräfte; denn in Ketten verschiedener Art stehen bekanntlich, bei gleicher Stromstärke, die gesammten Widerstände im geraden Verhältniſs zu eben diesen Kräften.

Will man die Prüfung mit Rücksicht auf die Erregungsweise des Galvanismus vornehmen, so darf man jedoch nicht die Abänderung der elektromotorischen Kraft des Stroms etwa dadurch bewerkstelligen, daſs man successive eine verschiedene Zahl von einfachen Ketten gleicher Art hinter einander reiht, denn dabei würde man die Menge des bei gleicher Stromstärke innerhalb einer bestimmten Zeit elektrolytisch gelösten Zinks in gleichem Maaſse steigern wie die elektromotorische Kraft; sondern man ist genöthigt, die

1) *Archiv de l'électricité, T. V., p.* 353.

elektromotorische Kraft von Ketten verschiedener Art in gleicher Anzahl anzuwenden, wo dann diese Kraft, bei gleicher Stromstärke, nicht mehr im geraden Verhältnifs zum elektrolytischen Zinkverbrauche steht.

Zu meinen Messungen habe ich eine Grove'sche und eine Daniell'sche Batterie angewandt, jede aus zwei Elementen bestehend. Ich leitete successive den Strom beider Batterien durch einen dünnen Platindraht, der sich in einem thermometerartigen, mit Alkohol gefüllten Gefäfse spiralförmig aufgerollt befand, brachte Sinusbussole und Rheochord mit in den Kreis, und ermittelte durch vorläufige Versuche den Widerstand des Thermometerdrahts und somit die Drahtlängen, welche vom Rheochord einzuschalten waren, um den Strom in beiden Fällen von gleicher Stärke zu erhalten.

Nachdem dieses ermittelt worden, wurde an andern Tagen, da das Elektrothermometer auf die während der ganzen Zeit fast unveränderliche Temperatur des Zimmers herabgekommen war, der eigentliche Versuch begonnen, darin bestehend, dafs ich den Strom der einen und der anderen Batterie 15 Minuten lang durch das Thermometer gehen liefs und den Stand desselben von 5 zu 5 Minuten beobachtete. Ich gebrauchte auch die Vorsicht, die kleinen Abnahmen der Stromstärke, welche aus der Erwärmung des dünnen Platindrahts und dadurch bewirkten Erhöhung seines Widerstands erfolgten, fortwährend durch die Scheibe des Rheochords zu compensiren, so dafs der Strom während der ganzen Zeit sehr nahe absolut dieselbe Stärke behielt.

Das Resultat mehrmals wiederholter Versuche dieser Art bestand nun darin, dafs das Thermometer, von gleichen Ausgangspunkten an, in gleichen Zeiten um gleichviel stieg, welchen der beiden Ströme ich auch anwenden mochte.

Beide Ströme entwickelten also in einem und demselben Stück ihrer Ketten dieselbe Wärmemenge, mufsten also in der ganzen Ausdehnung ihrer Ketten Wärmemengen erregen, welche so verschieden waren, als ihre gesammten Widerstände oder ihre elektromotorischen Kräfte. Schon

ein Vergleich der Drahtlängen, welche nöthig waren, um die Ströme beider Batterien auf gleiche Stärke zu halten, und welche bei der Grove'schen 52, bei der Daniell'schen nur 28 Zoll meines Meſsdrahtes betrugen, zeigte augenfällig, daſs die erstere Batterie in Summa bedeutend mehr Wärme entwickelte als die letztere.

Diese Messungen bestätigen also vollkommen das für die Theorie vom Ursprunge der galvanischen Elektricität so wichtige Resultat, daſs *die gesammte Wärmemenge, welche eine galvanische Kette in bestimmter Zeit entwickelt, nicht allein abhängt von der in dieser Zeit elektrolytisch verbrauchten Menge des positiven Metalls, sondern zugleich von dieser und der elektromotorischen Kraft.*

Ein anderes Resultat, welches aus den beiden Ausdrücken

$$w = ik \quad \text{und} \quad w = \frac{k^2}{r}$$

mit gleicher Ersichtlichkeit hervorgeht, besteht darin, daſs *die gesammte Wärmemenge, welche eine Volta'sche Kette innerhalb einer bestimmten Zeit entwickeln kann, keine constante Gröſse ist*, wie es noch Pouillet glaubte [1]), *auch keine, die ein Maximum hat, sondern eine, die über alle Gränzen hinaus zu wachsen vermag*, in dem Maaſse als man den gesammten Widerstand verringert und demgemäſs die Stromstärke erhöht.

Ein Maximum findet bei der Wärmeentwicklung nur statt, wenn man sie für ein gewisses und zwar *veränderliches Stück* der Stromesbahn in Betracht zieht. Ist z. B. $r + r'$ der Widerstand der Kette, so hat man für die Wärmeentwicklung w der gesammten Kette und für die Wärmeentwicklung w' in dem Stück vom Widerstande r' die Ausdrücke:

$$w = \frac{k^2}{r + r'}\,; \quad w' = \frac{k^2}{r + r'} \cdot \frac{r'}{r + r'}\,,$$

von denen der erste kein Maximum hat, der zweite aber zu einem Maximo gelangt, wenn $r' = r$, wo dann $i = \frac{k}{2r}$.

1) Annal. Bd. 42, S. 296.

Dieser Satz ist einer experimentellen Prüfung fähig, und liefert dadurch ein äufserst schätzbares Mittel, die Richtigkeit des Joule'schen Gesetzes für die gesammte Kette zu beweisen, was sonst so gut wie unmöglich seyn dürfte.

Ich habe daher diese Prüfung unternommen und zwar folgendermafsen. In das Thermometer, dessen Einrichtung ich am Schlusse dieses Aufsatzes näher angeben werde, schaltete ich gleichzeitig drei dünne Platindrähte ein, deren Längen sich wie 1 : 2 : 3 verhielten. Den Widerstand des mittleren, der etwa 5 par. Zoll lang war, bestimmte ich; er betrug 18,12 par. Zoll meines Mefsdrahts. Eben so bestimmte ich den wesentlichen Widerstand der Grove'schen Kette, welche die Wärme entwickeln sollte; er fand sich = 4,32 par. Zoll des Mefsdrahtes. Diesem fügte ich noch 13,80 Zoll desselben Drahtes hinzu, damit der aufserhalb des Thermometers befindliche Widerstand der Kette dem des mittleren Platindrahts in dem Thermometer gleich wäre. Endlich verknüpfte ich die so regulirte Kette successive mit den drei Platindrähten des Thermometers, und liefs den Strom jedes Mal fünf Minuten wirken, unter Zwischenzeiten von solcher Dauer, dafs das Thermometer immer sehr nahe auf seinen anfänglichen Standpunkt zurückkam, wozu meistens eine halbe Stunde ausreichte.

Das Resultat dieser drei Versuche war nun folgendes. Es stieg das Thermometer, dessen Scale übrigens eine willkührliche ist, mit dem Draht

von der Länge	1 oder dem Widerstand	9,06 . . .	28pt.,0
- - -	2 - - -	18,12 . . .	34 ,1
- - -	3 - - -	27,18 . . .	30 ,8

also hatte wirklich, wie es seyn mufste, der zweite Draht, dessen Widerstand dem aufserhalb des Thermometers befindlichen Widerstand der Kette gleich kam, die gröfste Wärmemenge entwickelt.

Der Theorie nach hätten die von den drei Drähten entwickelten Wärmemengen proportional seyn müssen den Zahlen $\frac{9,06}{(27,18)^2}$, $\frac{18,12}{(36,24)^2}$, $\frac{27,18}{(45,30)^2}$, oder 122,7, 138,0,

132,5, Zahlen mit denen die beobachteten in der Hauptsache so weit übereinstimmen, dafs ich es nicht für nöthig hielt, die Messungen mit Rücksicht auf die Erkaltung zu wiederholen, da eine desfallsige Berichtigung die Ordnung der Zahlen nicht verändert haben würde [1]).

Es ist also gewifs, dafs die Wärmeentwicklung in einem Theil der Kette, unter der angegebenen Bedingung, ein Maximum hat, und damit halte ich denn auch für bewiesen, dafs das Joule'sche Gesetz allgemeine Gültigkeit besitzt, folglich bei der Wärmeentwicklung der gesammten Kette kein Maximum stattfindet.

Von gewissem Standpunkt aus kann dieses Resultat wohl recht merkwürdig erscheinen; allein es verliert an Auffallendem, wenn man erwägt, dafs, nach längst bekannten Gesetzen, die magnetische Gesammtwirkung der Volta'schen Kette ein ähnliches und noch merkwürdigeres Verhalten zeigt.

Der *magnetische Effect* eines galvanischen Stroms ist in jedem Querschnitt seiner Bahn gleich grofs, proportional der Stromstärke i. Die Gesammtwirkung der Kette ist also gleich dem Effect eines Querschnitts, multiplicirt mit der Summe aller Querschnitte, d. h. mit der gesammten Länge l der Kette, folglich proportional dem Product il.

Denkt man sich, der Einfachheit wegen, alle Querschnitte gleich grofs und aus Material von gleicher Leitungsfähigkeit gebildet, so ergiebt sich, mit Hülfe der bekannten Ohm'schen Formeln:

$$i = \frac{k}{r}, \quad r = \frac{cl}{s},$$

für den magnetischen Totaleffect der ihm proportionale Ausdruck:

$$m = il = \frac{ks}{c}.$$

Aus diesem geht hervor:

1) Wenn s (der Querschnitt) und c (der Widerstand

1) Es wäre interessant zu wissen, was für Resultate ein ähnlicher Versuch, wie der hier beschriebene, bei den Entladungen der elektrischen Batterie ergäbe.

für die Einheit der Dimensionen oder die reciproke Leitungsfähigkeit) constante Gröfsen sind, oder sich in gleichem Verhältnifs ändern, so ist *m* für eine und dieselbe Kraft *k* eine constante Gröfse;

2) wenn aber *s* wächst und *c* abnimmt, oder das Verhältnifs von *s* zu *c* wächst, so wächst auch *m* und zwar über alle Gränzen hinaus.

In beiden Fällen hängt, wie man sieht, die magnetische Gesammtwirkung einer Kette durchaus nicht von der Stromstärke ab, da man diese durch eine gehörige Vergröfserung der Länge der Kette immer auf ein beliebiges Minimum herabsetzen kann.

Hiedurch stellt sich ein wesentlicher Unterschied zwischen dem thermischen und dem magnetischen Totaleffect ein. Beide können, bei gleichbleibender elektromotorischer Kraft, ins Unendliche wachsen; allein der erstere kann es nur, wenn die Stromstärke in gleichem Maafse zunimmt, während der letztere von dieser ganz unabhängig ist. Bei gleicher Stromstärke, ja bei gleicher Kraft, kann dieser in verschiedenen Ketten sehr ungleich seyn, je nachdem *s* und *c* es sind, und andrerseits kann er in einer und derselben Kette bei constanter und sehr kleiner Stromstärke ins Unbegränzte wachsen, wenn nur *l* und *s* in gleichem Maafse zunehmen.

Es ist diefs besonders merkwürdig in Bezug auf den Ursprung der galvanischen Elektricität, denn man sieht, *dafs der magnetische Totaleffect, den eine Kette in einer bestimmten Zeit auszuüben vermag, durchaus nicht abhängt von der in dieser Zeit elektrolytisch gelösten Zinkmenge.* Eine sehr geringe Menge Zink ist im Stande, einen sehr grofsen magnetischen Effect hervorzubringen. Das constante Verhältnifs zwischen gelöster Zinkmenge und magnetischer Wirkung, welches man beobachtet hat, findet nur statt, wenn Ein Querschnitt oder eine constante Summe von Querschnitten, d. h. ein constantes Längenstück der Kette, in Betracht gezogen und mit dem elektrolytischen Procefs verglichen wird [1]).

1) Der Einfachheit wegen ist in dem Obigen vorausgesetzt, dafs die Kette

Von dem *chemischen Totaleffect* der Volta'schen Kette gilt, ideell genommen, offenbar dasselbe, und es würde auch reell von ihm gelten, wenn wir im Stande wären, den Ef-

in ihrer ganzen Ausdehnung gleiche Querschnitte besitze, und es ist auch, was bei dieser Betrachtung nothwendig war, der magnetische Effect der Flüssigkeit mit in Rechnung gezogen. Es wird jedoch im Wesentlichen nichts geändert, wenn man bloſs den magnetischen Effect des Schlieſsdrahts, als des zur practischen Benutzung alleinig anwendbaren Theils der Kette, ins Auge faſst und die Bedingung der Gleichheit der Querschnitte fallen läſst.

Sey nämlich die elektromotorische Kraft einer Kette $= k$, die Anzahl derselben in einer Batterie $= n$, der wesentliche Widerstand einer jeden $= r$, der Widerstand des Schlieſsdrahts $c\frac{l}{s}$, so hat man für die Stromstärke i und den magnetischen Effect m dieses Drahts die Ausdrücke:

$$i = \frac{nk}{nr + c\frac{l}{s}}; \qquad m = il = \frac{k}{\frac{r}{l} + \frac{c}{ns}},$$

oder wenn man sich r durch einen Draht vom Widerstande $\frac{c\lambda}{s}$ ersetzt denkt:

$$i = \frac{nk}{\frac{c}{s}(n\lambda + l)}; \quad m = il = \frac{k}{\frac{c}{s}\left(\frac{\lambda}{l} + \frac{1}{n}\right)}.$$

Auch hier hat m kein Maximum, sondern wächst mit l bis dieses gegen r oder λ unendlich, oder die Stromstärke i Null geworden ist, so gut wie mit s und n. Sind letztere Gröſsen constant oder ist ihr Product constant, so geht m, mit Verlängerung von l, dem Gränzwerth $= \frac{nks}{c}$ entgegen, während es andererseits, bei constanter Länge von l, seinen Werth nicht ändert, sobald n und s im umgekehrten Verhältnisse variiren.

Der magnetische Totaleffect der ganzen Batterie, mit Einschluſs der Flüssigkeit und Platten, ist endlich:

$$i(n\lambda + l) = \frac{nks}{c},$$

dem also der Effect des Schlieſsdrahts unter der angegebenen Bedingung mit verlängertem l immer näher und näher kommt.

Ich bin auf den Einwurf gefaſst, daſs das eben Gesagte nicht neu sey. Ich weiſs, daſs Aehnliches gesagt worden ist, bin auch überzeugt, daſs es Denen, die mit den Grundsätzen des Galvanismus wohl vertraut sind, nicht gesagt zu werden braucht. Allein es ist mir auch bekannt, daſs trotz der werthvollen Arbeiten, die in diesem Gebiete, besonders

fect eines jeden Querschnitts zu versichtbaren und zu benutzen. Dafs wir es nicht vermögen, liegt zuvörderst an der elektromotorischen Gegenkraft, die aus der Polarisation

von Jacobi und Lenz, geliefert worden sind, sehr irrige Begriffe angetroffen werden, und namentlich mifsverstandene Ansichten über die Maxima, die doch beim magnetischen und *caeteris paribus* beim magnetisirenden Effect der galvanischen Kette immer nur unter gewissen einschränkenden Bedingungen stattfinden, schon mehr als einmal zu ganz fehlerhaft versuchten Nutzanwendungen der mechanischen Kraft des Stromes geführt haben.

Es ist keineswegs meine Absicht mich hier auf diese Nutzanwendungen einzulassen, aber ich kann die Bemerkung nicht unterdrücken, dafs die mir bekannten Bestrebungen dieser Art es schon darin versehen haben, dafs sie am unrechten Ende zu sparen suchten. Wenn überhaupt die mechanische Kraft der galvanischen Elektricität einer technischen Benutzung fähig ist, so steht sie in vortheilhafter Weise nur zu erwarten von einem Strom, der so geschwächt worden ist, dafs er bei wochenlanger Unterhaltung weder die Kette verdirbt, noch bedeutende Kosten verursacht; und diefs wird nur durch Anwendung einer sehr grofsen Drahtmasse erreicht. Mir ist kein Versuch bekannt, wo dieser Grundsatz richtig befolgt worden wäre.

Um an einem Beispiele zu zeigen, welche Drahtmassen man anwenden müfste, um mit einer kleinen Stromstärke einen grofsen magnetischen Effect zu erreichen, will ich den Fall setzen, man habe eine einfache Grove'sche Kette von der geringen Gröfse der meinigen und wolle durch einen Kupferdraht von 2 par. Linien Dicke den Strom so schwächen, dafs seine Stärke der Entwicklung von einem Cubiccentim. Knallgas, bei 0° und $0^m,76$, in der Minute entspreche.

Der wesentliche Widerstand dieser Kette beträgt 3,6 Zoll meines neusilbernen Mefsdrahts und ihre elektromotorische Kraft sey hier nur gleich 30 meiner Einheit gesetzt, obwohl sie mit Salpetersäure von 1,34 bis 32 geht. Die Einheit meiner Stromstärke ist 14,22 Cubiccentim. Knallgas, bei 0° und $0^m,76$, in der Minute. Es mufs also, damit die gestellte Bedingung:

$$i = \frac{30 \times 14,22}{3,6 + x} = 1$$

erfüllt werde, x oder die hinzuzusetzende Länge des neusilbernen Mefsdrahts 423 par. Zoll betragen. Nun besitzt ein Pfund Kupferdraht von 2 par. Linien Dicke eine Länge von 10,06 par. Fufs und der Widerstand dieses Pfundes beträgt, nach anderweitigen Messungen, die von mir an einem dünnen Kupferdraht angestellt wurden, nur 0,09255 par. Zoll des Mefsdrahtes. Es ist also von dem 2 Linien dicken Kupferdraht eine Länge von 46000 par. Fufs oder ein Gewicht von 4570 Pfund erfor-

der in die Flüssigkeit tauchenden Elektroden entspringt und meistens zu grofs ist, als dafs wir, in Bezug auf *ein* wirksames Plattenpaar, mehr als ein einziges Paar Querschnitte der Kette zur chemischen Wirkung benutzen können.

Es giebt jedoch Fälle, wie ich schon im Jahr 1842 in einem kleinen Aufsatz hervorgehoben habe [1]), in welchen sich die Zahl der chemisch wirkenden Querschnitte vergröfsern läfst; und diese Fälle treten ein, wenn man die Zersetzung des Wassers oder einer Metallösung zwischen leicht oxydirbaren Elektroden vornimmt. Ich habe namentlich gezeigt, dafs man, wenn man in den Kreis einer kleinen Grove'schen Batterie von zwei Elementen, successive zwei, drei, vier, fünf und mehre Paare von Zinkelektroden einschaltet, eben so viele gleichzeitige Wasserzersetzungen erhält, wobei mit Vermehrung dieser Paare die Stromstärke freilich abnimmt, die Summe des chemischen Effects der Batterie aber fortwährend steigt, so dafs zwischen dieser und der in der Batterie elektrolytisch gelösten Zinkmenge, welche nach der chemischen Theorie den Strom erzeugen soll, kein festes Verhältnifs mehr vorhanden ist.

Was solche Versuche unvollständig verwirklichen, das läfst sich, scheint mir, besser schon aus einer einfachen Betrachtung entnehmen, wenn anders die herrschende Idee über den Vorgang im elektrolytischen Processe richtig ist. Allgemein wird nämlich angenommen, dafs die galvanische Zersetzung einer Flüssigkeit nicht blofs an deren Enden, an den Elektroden, stattfindet, sondern durch ihre ganze Erstreckung hin, und dafs sie nur deshalb im Innern der

derlich, um die Stromstärke auf den verlangten Grad von Kleinheit herabzusetzen. Wie grofs der Effect dieses Drahtes unter vortheilhaftester Benutzung desselben sey, läfst sich freilich für jetzt nicht sagen, aber er kommt dem, der sich überhaupt mit Kupferdraht von angenommener Dicke erreichen läfst, sehr nahe, und so viel leuchtet ein, dafs, nach der ersten allerdings höchst bedeutenden Auslage für die Kupfermasse, die Unterhaltungskosten nicht beträchtlich wären, denn es würden innerhalb 24 Stunden nur 2,8 Grm. oder 0,19 Loth Zink elektrolytisch aufgelöst werden.

1) Ann. Bd. 55, S. 289.

Masse nicht sichtbar ist, weil die in irgend einem Querschnitt von einander getrennten Bestandtheile sich unmittelbar darauf wieder mit denen vereinigen, welche in dem nächst vorderen und nächst hinteren Querschnitt denselben Procefs der Sonderung erlitten. Ist diese Vorstellung richtig, wie sich wohl kaum bezweifeln läfst, so braucht man also nur in ringförmige Rinnen von verschiedener Gröfse, die mit gesäuertem Wasser angefüllt sind, successiv ein zusammengelöthetes Plattenpaar zu tauchen, um experimentell den Beweis zu liefern, dafs der chemische Totaleffect der Volta'schen Kette ganz denselben Gesetzen folgt wie der magnetische, abgesehen freilich davon, dafs in einer gewissen Summe von Querschnitten, nämlich in den von den Metallen eingenommenen, natürlich kein chemischer Effect stattfinden kann [1]).

Es liegt so sehr im Geiste der Physik, überall nach den Ursachen der Erscheinungen zu forschen, dafs es wohl nicht tadelnswerth erscheinen kann, einen Versuch zur Beantwortung der Frage zu machen, woher die Verschiedenheit entspringe, die sich bei der Volta'schen Kette zwischen den Gesetzen ihrer thermischen Wirkung und denen ihrer magnetischen und chemischen kund giebt.

Ich knüpfe diesen Versuch an bisherige Vorstellungen. Mit der Mehrzahl der heutigen Physiker nehme ich an, ohne es als ein Factum zu betrachten, dafs in der galvanischen Kette ein elektrischer Strom vorhanden sey, und dafs die Stärke dieses Stromes bedingt werde durch die Elektricitätsmenge, welche in der Zeiteinheit jeden Querschnitt seiner Bahn durchfliefst. Diese durchgegangene Elektricitätsmenge kann nicht direct bestimmt, sondern nur aus ihren

1) Verlangte man eine Kette, die durch ihre ganze Ausdehnung hin eben sowohl eine chemische als magnetische Wirkung ausübte, so könnte sie nur auf dem Wege der Induction dargestellt werden, indem man innerhalb eines Ringes von leitender Flüssigkeit, z. B. einen Magnetstab bewegte. Aber freilich würde die chemische Wirkung nur ideell existiren, ihr Totaleffect in Wirklichkeit Null seyn.

Wirkungen erschlossen werden, dieses aber, wie mir scheint, auf eine unzweifelhafte Weise.

Angenommen nämlich, man habe eine galvanische Kette von constanter Kraft; sie wird, wenn sie geschlossen ist, durch jeden Querschnitt ihres Schliefsdrahts in der Zeiteinheit eine gewisse und constante Elektricitätsmenge treiben. Eine zweite, dritte, vierte, u. s. w. Kette, die alle der ersten vollkommen gleich sind, werden dasselbe thun.

Verbindet man irgend zwei dieser Ketten in ihren homologen Punkten durch Querdrähte, so ist in diesen Drähten keine Spur von Strom wahrzunehmen. Die Ketten werden also nicht durch diese Verbindung in ihrer Thätigkeit gestört. Sie werden es also auch nicht, wenn man sie ihrer ganzen Länge nach Punkt für Punkt an einander gelegt denkt, Draht an Draht und Platte an Platte. Man hat dann statt der Kette von einfachem Querschnitt, eine von zwei-, drei- und vierfachem, welcher offenbar in der Zeiteinheit von der zwei-, drei- und vierfachen Elektricitätsmenge durchströmt wird.

Nun aber zeigt die Erfahrung (was vielleicht schon *a priori* zu schliefsen gewesen wäre), dafs der magnetische oder auch chemische Effect hiebei ebenfalls zwei, drei und vier Mal gröfser wird. Man ist also wohl berechtigt, diesen Effect für proportional der durchgegangenen Elektricitätsmenge zu halten, und wenn diefs eingeräumt wird, mufs auch zugegeben werden, dafs derselbe überhaupt ein unfehlbares relatives Maafs für letztere sey. Man kann nicht einwerfen, dafs in dem eben gewählten Beispiel ein festes Verhältnifs zwischen Gröfse des Querschnitts und durchgegangener Elektricitätsmenge vorausgesetzt sey und dafs der ausgesprochene Satz vielleicht blofs für einen solchen Fall gelte, denn Thatsache ist es ja, dafs diefs Verhältnifs ohne Einflufs ist, dafs in einer und derselben Kette die Gröfse des Querschnitts an verschiedenen Stellen beliebig verschieden seyn kann, und darum doch längs der ganzen Kette der magnetische Effect derselbe bleibt [1]).

1) Ich mufs gestehen, einen Augenblick daran gezweifelt zu haben, ob

Die durch Einen Querschnitt und folglich auch durch die Summe aller Querschnitte oder die ganze Kette in der Zeiteinheit gegangene Elektricitätsmenge kann demnach durch den magnetischen Effect gemessen werden, und man hat daher für letztere Gröfse, wenn man zur Vereinfachung wiederum alle Querschnitte der Kette als gleich grofs und aus gleichem Material gebildet annimmt, den früheren Ausdruck:

$$il = \frac{ks}{c},$$

welcher zeigt, dafs die bei einer Kette derselben Art durch ihre ganze Ausdehnung in der Zeiteinheit gegangene Elektricität für jede Länge l derselben constant ist, so bald es die Gröfse s des Querschnitts, und dafs sie andererseits im geraden Verhältnifs zu dieser letzteren steht.

wirklich gleich lange, aber an Querschnitt und Leitungsfähigkeit verschiedene Stücke des Stroms einen gleichen magnetischen Effect gäben, ungeachtet diefs längst als Princip anerkannt ist, und bei der Vorstellung von einem Strom sogar eine gewisse Nothwendigkeit hat. Es schien mir wenigstens der von Fechner in seinen *Maafsbestimmungen* (S. 27) beschriebene Versuch darüber keinen entscheidenden Beweis zu liefern, und deshalb eine abermalige experimentelle Prüfung keine ganz überflüssige Sache zu seyn. Ich verfuhr folgendergestalt.

Ich umgab den Rahmen eines Galvanometers mit zwei Windungen eines Drahtstranges, gebildet aus vier dünnen, gleichlangen und mit Seide besponnenen Kupferdrähten. In den beiden Windungen waren die vier Drähte zusammengedreht, in dem übrigen, einige Fufs langen Theile dagegen waren es nur die Enden eines und desselben Drahts. Dadurch wurde erreicht, dafs, bei Hindurchleitung eines Stromes, erstlich die freien Enden der Drähte aufser Wirksamkeit gesetzt waren, und zweitens also nur gleichlange Drahtstücke in möglichst gleicher Entfernung und Lage auf die Magnetnadel wirken konnten. Nun brachte ich successive einen der Drähte und die drei übrigen neben einander in die Kette, welche zugleich die Sinusbussole und das Rheochord enthielt, änderte mittelst des letzteren Instruments den Widerstand so ab, dafs die Sinusbussole in beiden Fällen eine gleiche Stromstärke ergab und beobachtete dann die Galvanometernadel. In beiden Fällen zeigte diese Nadel eine gleiche Ablenkung, ungeachtet in dem einen Fall der auf sie wirkende Draht das Dreifache des Widerstands oder ein Drittel des Querschnitts darbot als im andern. An der Gleichheit des magnetischen Effects bei gleicher Länge der Stromesbahn ist also nicht zu zweifeln.

Aber

Aber man erfährt hiebei nichts über diejenige Elektricitätsmenge, *die für einen gegebenen Zeitpunkt in einem gewissen Längenstück der Kette oder in der ganzen Ausdehnung derselben vorhanden ist.* Denken wir uns nämlich einen feststehenden Querschnitt und einen anderen beweglichen, der vom Strome mit seiner Geschwindigkeit fortgeführt würde. Leicht wäre es möglich, dafs der letztere in einem Falle doppelt so viel Elektricität enthielte, als in einem anderen, und dennoch würde die in der Zeiteinheit durch den festen Querschnitt gegangene Elektricitätsmenge dieselbe bleiben, wenn nur der bewegliche Querschnitt in dem einen Fall mit der halben Geschwindigkeit fortgerückt wäre wie im andern.

Jedenfalls aber ist die in der Zeiteinheit durch den festen Querschnitt gegangene Elektricitätsmenge derjenigen gleich, die in dem in derselben Zeit von dem beweglichen Querschnitt durchwanderten Längenstück für einen gegebenen Augenblick enthalten ist. Bezeichnen wir demnach die in der Zeiteinheit durch einen Querschnitt gehende Elektricitätsmenge mit i, die für einen gegebenen Augenblick in ihm enthaltene mit e, und die Geschwindigkeit des Stroms mit v, so ist $i = ev$. Um also e zu bestimmen, müfste man neben i auch v kennen.

Allein über v oder die Geschwindigkeit des Stroms wissen wir bis zu diesem Augenblick so gut wie nichts. Für den magnetischen oder chemischen Effect könnte diese Geschwindigkeit in den einzelnen Theilen einer aus verschiedenem Material gebildeten Kette immerhin als gleich angenommen werden. Aber wie wäre dann zuvörderst die verschiedene Leitungsfähigkeit der Stoffe zu erklären?

Wenn man sich überhaupt auf eine Erklärung einlassen will, so glaube ich nicht, dafs es anders geschehen könne, als durch die Annahme, es sey die Geschwindigkeit des Stroms verschieden in Körpern von verschiedenem Widerstand, nämlich desto geringer, je gröfser dieser Widerstand. Ist dann die Gleichung $i = ev$ richtig, so folgt nothwendig, *dafs von gleichlangen Stücken der Stromesbahn diejenigen,*

welche einen gröfseren Widerstand darbieten, auch eine gröfsere Elektricitätsmenge enthalten als die übrigen.

Betrachten wir diefs etwas näher. Setzen wir zuvörderst den Fall, der Strom gehe aus einem gutleitenden Körper in einen schlechtleitenden von gleichem Querschnitt über, also z. B. aus einem Kupferdraht in einen eben so dicken Neusilberdraht. Denken wir uns in dem Kupferdraht, in einem gewissen Abstand von einander, zwei bewegliche Querschnitte, die vom Strome mit seiner Geschwindigkeit fortgeführt werden. So wie der vordere dieser Querschnitte in den Neusilberdraht eingetreten ist, wird er in seiner Bewegung verzögert; er rückt langsamer vor, und wenn nach einer gewissen Zeit auch der hintere Querschnitt die Gränzfläche beider Metalle überschritten hat, wird er von diesem einen Abstand besitzen, der kleiner ist als der ursprüngliche, in dem Maafse als die Geschwindigkeit verringert ward. Im Verhältnifs dieser Verringerung der Geschwindigkeit wird also die Elektricität eine longitudinale *Verdichtung* erleiden, und folglich, bei gleicher Länge, der Neusilberdraht mehr Elektricität für einen gegebenen Augenblick enthalten, als der eben so dicke Kupferdraht.

Tritt der Strom, nachdem er den neusilbernen Draht durchlaufen hat, wieder in einen kupfernen ein, so erfolgt der umgekehrte Procefs.

Betrachten wir nun zweitens den Fall, wo nicht das Material der Stromesbahn, sondern blofs die Querdimensionen derselben geändert sind, wo also der Strom, z. B. aus einem dicken Kupferdraht in einen dünneren übergeht. Nehmen wir wieder unsere beweglichen Ebenen zu Hülfe. Zuvörderst ist klar, dafs so wie die erste derselben die Gränzfläche beider Drähte erreicht, in ihr eine Verdichtung der Elektricität stattfinden mufs, in dem Verhältnifs als der Querschnitt der Bahn kleiner geworden ist. Es fragt sich nun, ob die sonach in der Quere des Stroms verdichtete Elektricität ihre anfängliche Geschwindigkeit behalte oder nicht.

Vorsselman de Heer, in seinem schätzbaren Aufsatz: *„Recherches sur quelques points de l'éléctricité voltaï-*

que[1]),“spricht die Meinung aus, *die Geschwindigkeit des Stroms hänge alleinig von der Materie des Leiters ab*, hinzusetzend, *gleichwie die Geschwindigkeit des Schalls nur abhängt von der Natur des Mittels, in welchem er sich fortpflanzt.*

Nach dieser Ansicht, welche, wenn sie bewährt wäre, der Hypothese von einer oscillatorischen Fortpflanzung der Elektricität eine grofse Stütze verleihen würde, hätte man also anzunehmen, wie es auch von dem holländischen Physiker geschieht, dafs der Strom, ungeachtet seiner transversalen Verdichtung in dem dünnen Kupferdraht, diesen mit derselben Geschwindigkeit durchlaufe wie den dicken.

Ich habe früher auch diese Ansicht getheilt, kann sie aber seit geraumer Zeit nicht mehr für richtig halten, schon aus dem einfachen Grunde, weil dabei nicht einzusehen ist, weshalb denn der dünne Draht, bei gleicher Länge mit dem dicken, mehr Widerstand als dieser darbiete. Vorsselman de Heer hat diese Frage unerörtert gelassen.

So weit ich gegenwärtig die Sache durchschaue, ist man gewissermafsen zu der entgegengesetzten Ansicht genöthigt, nämlich zu der, dafs der Strom seine Geschwindigkeit in demselben Maafse verringert, als er transversal verdichtet wird, — dafs *diese Geschwindigkeit also nicht blofs abhängt von der Natur des leitenden Mediums, sondern auch von dessen Querdimensionen, — kurz, dafs sie nicht proportional ist der Leitungsfähigkeit* $=\frac{1}{c}$, sondern dem Product aus dieser und dem Querschnitt des Mediums $=\frac{s}{c}$, woraus dann folgt, dafs der *Widerstand eines Körpers die Zeit vorstellt, in welcher derselbe vom Strome durchlaufen wird.*

Was mich in dieser Ansicht bestärkt, ist einerseits die ungeheuer geringe Leitungsfähigkeit, welche, den Messungen mehrer Physiker zufolge, die Flüssigkeiten in Vergleich mit den Metallen besitzen; und andererseits das namentlich aus neueren Beobachtungen hervorgegangene Resultat, dafs der Erdboden den galvanischen Strom nicht nur *ungeschwächt*

1) *Bulletin des sciences physiques et naturelles en Néerlande* (1839), *T. I., p.* 319.

durchläfst, sondern auch so gut wie *momentan*, ein Resultat von erster Wichtigkeit für die elektrische Telegraphie, welches beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse nicht mit Sicherheit *à priori* abzuleiten gewesen wäre.

Vergleicht man mit diesen Thatsachen die Vorsselman'sche Ansicht von der Stromgeschwindigkeit, so weit es die vorhandenen numerischen Angaben zulassen, so stöfst man sogleich auf die gröfsten Widersprüche.

Nach sorgfältigen, von den Wirkungen der Polarisation befreiten Messungen, die neuerlich Hr. Horsford ausgeführt hat [1]), leitet eine Lösung, die etwa 1 Grm. Kochsalz auf 100 Cubiccentim. Wasser enthält, 2750560 Mal schlechter als Neusilber, und da dieses, nach den Beobachtungen des Hrn. Riefs, 11,286 Mal schlechter leitet als Kupfer, würde folglich diese Lösung 31043000 Mal schlechter leiten als das letztere Metall. Schwerlich leitet der Erdboden besser, da er sein Leitvermögen nur der zwischen isolirenden Theilchen befindlichen Feuchtigkeit verdankt. In Ermangelung positiver Angaben, will ich daher annehmen, er habe dieselbe Leitungsfähigkeit wie erwähnte Lösung.

Nun vergleiche man hiermit die allerdings mancherlei Bedenken einflöfsende Bestimmung, welche Wheatstone über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität in Kupfer geliefert hat [2]). Im Maximo giebt es der Elektricität eine Geschwindigkeit von 576000 engl. Meilen in der Secunde; nach einer andern Hypothese wäre sie nur halb so grofs. Nehmen wir den gröfseren Werth als den günstigsten für den in Rede stehenden Fall. Nach der Vorsselman'schen Ansicht wäre nun derselbe, um die Elektricitätsgeschwindigkeit im Erdboden zu erhalten, zu dividiren durch die oben gefundene Zahl. Vollzieht man die Division, so ergiebt sich diese Geschwindigkeit $=0{,}0186$ engl. Meile, d. h. etwa $=98$ engl. Fufs *pro* Secunde, ein Resultat von offenbarer Unrichtigkeit, da nach demselben die telegraphischen Signale, wenigstens bei der Geschwindigkeit, die man

1) Ann. Bd. 70, S. 238.

2) Ann. Bd. 34, S. 464.

gegenwärtig den Eilzügen in England giebt, von der Locomotive überholt werden würden.

Ganz anders würde sich natürlich das Ergebnifs stellen, wenn man die Querdimensionen des Bodens mit in Rechnung zöge, wozu aber leider bis jetzt alle sicheren Data fehlen.

Nach allen diesen Betrachtungen glaube ich die ausgesprochene Ansicht über die Stromgeschwindigkeit für richtig halten zu dürfen. Es wird also, um auf den behandelten Fall zurückzukommen, wenn in einer Kette der Strom aus einem dicken Draht in einen dünnen von gleichem Material übergeht, mit der transversalen Verdichtung zugleich eine Verzögerung seiner Geschwindigkeit, und damit dann auch eine Verdichtung desselben in longitudinalem Sinn eintreten. Der dünne Draht wird demnach, bei gleicher Länge mit dem dicken, mehr Elektricität enthalten als dieser. Es ist e vergröfsert, aber weil v in demselben Verhältnifs verringert ist, bleibt das Product $ve = i$, d. h. die in der Zeiteinheit durchgehende Elektricitätsmenge, also auch der magnetische oder chemische Effect ungeändert [1]).

Eine fernere Bestätigung findet die oben vorgetragene Ansicht durch ihre Anwendung auf die thermischen Erscheinungen der galvanischen Kette. Sie giebt dem Joule'schen Gesetz eine Auslegung, die zwar nicht für eine Erklärung gelten kann, doch aber, wie ich glaube, mehrfaches Interesse darbietet.

Um dieses übersichtlich zu zeigen, will ich zuvörderst die hier in Betracht kommenden Gröfsen aufzählen, und dann ihre Relationen zusammenfassen.

1) Die Stromgeschwindigkeit hängt also, auch der aufgestellten Ansicht zufolge, immer nur von dem *Leiter* ab, *nicht* von der darin *fliefsenden Elektricitätsmenge*. Nun kann es allerdings scheinen, dafs wenn die Stromgeschwindigkeit z. B. abnimmt mit Verringerung des Querschnitts, sie auch abnehmen müsse, wenn bei gleichbleibendem Querschnitt die strömende Elektricitätsmenge vergröfsert wird. Eine solche Hypothese würde aber zu sehr verwickelten Folgerungen führen, und ich glaube auch nicht, dafs man zur Annahme derselben genöthigt sey.

k . . . . eletromotorische Kraft der ganzen Kette oder eines Theils derselben;

l, s . . . Länge und Querschnitt des Leiters;

c, r . . . Widerstand desselben, respective für die Einheit der Dimensionen und für die Dimensionen l u. s;

v . . . . Geschwindigkeit des Stroms;

t . . . . Zeit, in welcher derselbe die Länge l zurücklegt;

ε, e, E . Elektricitätsmenge, welche der Strom respective im Querschnitt $=1$, im Querschnitt $=s$ und in einem Stück von der Länge l und dem Querschnitt s *für einen Augenblick* enthält, und auch *bleibend* enthalten würde, wenn die genannten Theile mit der Stromgeschwindigkeit v fortwanderten, oder wenn man sich den Strom zum Stillstand gekommen dächte;

i . . . . die in der Zeiteinheit durch einen festen Querschnitt $=s$ gehende Elektricitätsmenge oder die *Stromstärke* (Stromgröfse)[1];

m . . . die dem magnetischen oder chemischen Effect des Stroms proportionale Gröfse;

w . . . die in der Zeiteinheit in einem Stromesstück vom Widerstand r entwickelte Wärmemenge.

Für diese 13 Gröfsen hat man zunächst folgende 9 einfache Relationen:

$$ir = k \quad \ldots \quad (1), \qquad v = \frac{s}{c} \quad \ldots \quad (7),$$
$$i = ve \quad \ldots \quad (2),$$
$$e = \varepsilon s \quad \ldots \quad (3), \qquad r = \frac{cl}{s} \quad \ldots \quad (8),$$
$$E = el \quad \ldots \quad (4),$$
$$m = il \quad \ldots \quad (5), \qquad t = \frac{l}{v} \quad \ldots \quad (9).$$
$$w = i^2 r \quad \ldots \quad (6),$$

Aus diesen Relationen entspringen verschiedene andere, von denen ich einige ihres Interesses wegen hier hervorheben will.

1) Es ist also $\frac{i}{s}$ die eigentliche *Intensität des Stroms*, welche auch von einigen Physikern (namentlich Vorsselman de Heer a. a. O.) *Dichtigkeit des Stroms* genannt wird, eine Benennung, die aber wohl richtiger auf die Gröfse ε zu übertragen seyn dürfte.

So erhält man aus den Gleichungen (4), (2), (7), (8) und (1):

$$E = el = \frac{il}{v} = \frac{icl}{s} = ir = k \quad . \; . \; . \; . \; (10),$$

d. h. *die in der ganzen Kette* (oder auch einem Theil derselben) *vorhandene Elektricitätsmenge ist eine constante, vom Widerstand und von der Stromstärke völlig unabhängige Gröfse, welche mit der elektromotorischen Kraft k zusammenfällt*[1]).

Diefs Resultat kann im ersten Augenblick vielleicht auffallend erscheinen; allein man mufs erwägen, dafs *E* nur die *für einen Moment* in der Stromesbahn *vorhandene*, nicht die *während einer gewissen Zeit* in ihr *circulirende* Elektricitätsmenge bedeutet. Nach den Gleichungen (8), (7) und (9) ist:

$$r = c\frac{l}{s} = \frac{l}{v} = t \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (11),$$

also *r*, im Fall damit der gesammte Widerstand bezeichnet ist, die Zeit, in welcher die Elektricität einen vollen Umlauf in der Kette vollendet. Verringert man demnach den Widerstand *r* auf $\frac{1}{n}$, so verkürzt man auch die Umlaufszeit auf $\frac{1}{n}$, und während der Zeiteinheit wird dieselbe Elektricitätsmenge *E* also *n* Mal durch die Kette getrieben, folglich auch die Stromstärke auf das *n*-fache erhöht. So ist es zu verstehen, wenn unter anderen von Ampère gesagt wird[2]), dafs die von einer galvanischen Kette innerhalb einer selben Zeit in Bewegung gesetzte Electricitätsmenge fortwährend wachse mit der Leitungsfähigkeit des Schliefsdrahts.

Aus (4), (2) und (5) folgt ferner:

$$Ev = il = m \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (12),$$

d. h. *die für einen Moment vorhandene Elektricitätsmenge,*

1) Es ist wohl hervorzuheben, dafs *E*, für die ganze Kette, nicht gleich *k* seyn könnte, wenn nicht $v = \frac{s}{c}$ wäre.

2) *Ann. de chim. et de phys.* (1820), *T. XV.*, *p.* 69.

multiplicirt mit ihrer Geschwindigkeit, gleich dem magnetischen Effect des Theils, in welchem sie vorhanden ist.

Multiplicirt man ferner $E = ir$ mit i, so hat man:

$$iE = i^2 r = w \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13),$$

d. h. *die Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit in einer Stromesbahn vom Widerstand r entwickelt wird, ist gleich der darin enthaltenen Elektricitätsmenge multiplicirt mit der Stromstärke oder der in derselben Zeit durch einen festen Querschnitt fliefsenden Elektricitätsmenge.*

Bei gleicher Stromstärke sind also die entwickelten Wärmemengen den momentan in der Stromesbahn enthaltenen Elektricitätsmengen direct proportional. Diefs gilt sowohl von den verschiedenen Stücken einer und derselben Kette, in welchen schon an sich die Stromstärke gleich ist, als von verschiedenen Ketten, sobald ihre Ströme auf gleiche Stärke gebracht worden sind [1]).

Der Ausdruck für w ist verschiedener Umgestaltungen fähig, von welchen ich hier nur eine anführen will. Ersetzt man nämlich i durch seinen Werth ve, so erhält man aus (13):

$$veE = w,$$

d. h. *die in der Zeiteinheit entwickelte Wärmemenge ist gleich der momentan vorhandenen Elektricitätsmenge, multiplicirt mit ihrer Geschwindigkeit und mit ihrer Dichtigkeit*, wenn man hier unter *Dichtigkeit* die Elektricitätsmenge versteht, die sich momentan in einem ganzen Querschnitt befindet.

Ich halte diesen Ausdruck für den befriedigendsten, der sich vor der Hand aufstellen läfst, obwohl er über die Entstehung der Wärme in der Stromesbahn keine eigentliche

1) Wenn sich ein galvanischer Strom verzweigt, so geschieht es bekanntlich in der Weise, dafs $i'r' = i''r'' = i'''r''' = \ldots$, d. h. die Producte aus den Widerständen in die Stromstärken für die einzelnen Zweige gleiche Gröfsen sind. Dem obigen Satze zufolge ist also momentan in jedem Zweige eine gleiche Elektricitätsmenge E' enthalten. Da ferner die in diesen Zweigen entwickelten Wärmemengen, gemäfs dem Joule'schen Gesetz, respective sind: $i' . i'r'$, $i'' . i''r''$, $i''' . i'''r'''$, ..., so folgt, dafs man für sie auch habe: $i'E'$, $i''E'$, $i'''E'$ (sie also proportional sind den Stromstärken in diesen Zweigen) und $iE' = (i' + i'' + i''' + \ldots) E'$.

Erklärung liefert. Aber mit einer weiteren Erklärung sieht es überhaupt noch mifslich aus, mag man nun einen einzigen Strom in der Kette annehmen, oder der Hypothese beipflichten, es circulirten deren zwei darin von entgegengesetzter Natur und Richtung, wo man dann freilich sagen könnte, der thermische Effect entspringe aus dem *Product* und der magnetische oder chemische aus der *Summe* dieser beiden Ströme.

Förderlicher für die Wissenschaft ist es gewifs, zunächst an die Lösung der Aufgaben zu denken, deren Behandlung der experimentellen Forschung zugänglicher ist, und darunter möchte wohl die über die Stromgeschwindigkeit oder Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität vorzugsweise Beachtung verdienen. Wie mir scheint, hat man die Beantwortung dieser wichtigen Frage eher auf indirectem als auf directem Wege zu erwarten, etwa in ähnlicher Weise, wie man die Schallgeschwindigkeit in Luft aus dem Ton einer Pfeife hergeleitet hat.

Wäre es z. B. möglich zu bestimmen: einerseits die Elektricitätsmenge, die momentan in der ganzen Kette vorhanden ist, und andererseits diejenige, welche in der Zeiteinheit durch einen Querschnitt fliefst, so würde man nur nöthig haben, die erstere durch die letztere zu dividiren, um die Zeit zu erhalten, welche der Strom zu einem vollen Umlauf in der Kette bedarf.

Zusatz. Das vorhin (S. 342 und 344) erwähnte thermometerartige Instrument, welches man ganz füglich *Galvanothermometer* nennen könnte, habe ich auch benutzt, um mich fernerweitig durch eigene Erfahrung von der Richtigkeit des Joule'schen Gesetzes zu überzeugen. Es besitzt, für die Messung der Wärmeentwicklung in festen Leitern, einige wesentliche Vorzüge vor dem Thermometer, dessen sich die übrigen, mit diesen Untersuchungen beschäftigten Physiker bedient haben.

So zunächst hat es wohl wegen der bedeutenden Gröfse,

die man immer seinem Behälter lassen mufs, eine höhere Empfindlichkeit, als in der Regel die hier anwendbaren Thermometer besitzen. Zweitens aber, und das möchte sein Hauptvorzug seyn, ist man bei ihm gegen die Temperaturungleichheiten geschützt, die nothwendig in der Flüssigkeit eintreten, an welche der vom Strom durchlaufene Draht unausgesetzt seine Wärme abgiebt. Durch stetes Umrühren der Flüssigkeit lassen sich diese Ungleichheiten allerdings bedeutend vermindern: ob man sie aber vollständig heben könne, möchte ich nach meinen Erfahrungen bezweifeln. Selbst ein Thermometer mit cylindrischem Behälter von solcher Länge, dafs er die ganze Höhe der Flüssigkeit durchsetzte, hinterliefs mir noch einige Ungewifsheit, ob es wirklich die mittlere Temperatur der Flüssigkeit angebe, denn ich fand meistens, dafs es noch eine Weile nach Unterbrechung des Stroms zu steigen fortfuhr.

Bei dem *Galvanothermometer* habe ich diesen Uebelstand nicht bemerkt. Der Umstand, dafs die seinen Behälter füllende Flüssigkeit eben die ist, welche vom Stromdraht durchlaufen und erwärmt wird, macht überdiefs die im Innern derselben etwa stattfindenden Temperaturverschiedenheiten, ganz unschädlich. Die Temperatur mag gleich- oder ungleichförmig seyn, so lange sie nur nicht so hoch steigt, dafs sich der Ausdehnungscoëfficient und die specifische Wärme merklich ändern, und so hoch braucht man sie niemals steigen zu lassen, so lange findet man auch durch die Ausdehnung der Flüssigkeit die mittlere Temperatur, welche sie vom Draht erhalten haben würde.

Mag man übrigens dieses Instrument oder ein Thermometer zur Messung der galvanischen Wärmeentwicklung anwenden, so ist es, zur Erlangung genauer Resultate, durchaus nothwendig, auf die während der Dauer der Versuche stattfindende Erkaltung Rücksicht zu nehmen.

Joule freilich hat sie ganz aufser Acht gelassen und es ist daher einigermafsen zu verwundern, dafs er die richtigen Gesetze auffinden konnte. Allein die übrigen Physiker haben die Erkaltung berücksichtigt.

Lenz benutzt das von Rumford zur Bestimmung der Verbrennungswärme angewandte Verfahren [1]), indem er die einen Theil des Schliefsdrahts der Kette aufnehmende Flüssigkeit zuvor durch Eis um einige Grade unter die Temperatur der umgebenden Luft erkaltet, und den Strom so lange unterhält, bis sie um eine gleiche Zahl von Graden über die Luft erwärmt ist. Dadurch findet sich der Einflufs der Erkaltung eliminirt, und was die Flüssigkeit in der zugleich beobachteten Zeit an Wärme gewonnen hat, ist der volle Effect des galvanischen Stroms [2]).

E. Becquerel bedient sich der von de Laroche und Bérard bei ihren Versuchen über die specifische Wärme der Gase angewandten und ebenfalls von Rumford erdachten Methode [3]); er läfst den Strom mittelst des ihn leitenden Drahts so lange auf die Flüssigkeit wirken bis eine constante Temperatur eingetreten ist, unterbricht ihn nun und beobachtet für ein Paar kurze Zeitintervalle das Erkalten. Dadurch findet sich dann die vom Strome abgegebene Wärmemenge folgendermafsen.

Es sey der Temperaturüberschufs der Flüssigkeit über die Umgebung im Moment der Unterbrechung des Stroms $= a$, und nach der Zeit $\tau = t$, ferner sey v die Geschwindigkeit der Erkaltung, m eine Constante, M die Masse der zu erwärmenden Flüssigkeit (deren specifische Wärme gleich eins gesetzt werden kann) und w die vom Strom in der Zeiteinheit entwickelte Wärmemenge. Dann ist:

$$m = \frac{1}{\tau} \; log.\, nat. \; \frac{a}{t}; \quad v = -\frac{dt}{d\tau} = mt; \quad w = Mv.$$

Hier handelt es sich nur um die anfängliche Erkaltungsgeschwindigkeit, nämlich $v = ma$, weil die Wärmemenge, welche die Flüssigkeit in der ersten kurzen Zeit nach Unterbrechung des Stroms verliert, gleich derjenigen ist, welche ihr vom Strom zugeführt wurde, und bestimmt werden soll. Man hat demnach:

1) Gilb. Ann. (1813), Bd. 44, S. 8.

2) Ann. Bd. 61, S. 24.

3) *Ann. de chimie* (1813) *T. LXXXV.*, *p.* 72 *et* 113.

$$w = Mv = Mam = Ma\frac{1}{\tau}\ log.\ nat.\ \frac{a}{t}.$$

Endlich wandte Botto das Lavoisier'sche Verfahren an, indem er die Eismenge bestimmte, die von dem in das Innere eines Calorimeters gebrachten Theil des Schliefsdrahts innerhalb einer gewissen Zeit geschmolzen ward [1]). Die Messung der Stromstärke geschah dabei, wie bei Becquerel, mittelst des Voltameters, während Lenz sich dazu einer mit dem Voltameter verglichenen Tangentenbussole bediente.

Ohne Zweifel können alle drei Methoden gute Resultate liefern; allein ich halte sie nicht frei von Unbequemlichkeit. So unter andern erfordert die zweite, um die constante Temperatur zu erreichen, gewöhnlich eine mehrstündige Unterhaltung des Stroms, und da diese Temperatur nicht vorher bekannt ist, so kann sie leicht so hoch ausfallen, dafs entweder die Scale des Thermometers nicht ausreicht (da man dieser, um grofse Grade zu haben, nur einen geringen Umfang giebt), oder das Newton'sche Erkaltungsgesetz nicht mehr anwendbar ist.

Mein Streben ging vorzüglich dahin, es so einzurichten, dafs der Zweck, die Prüfung des Joule'schen Gesetzes, mit einem möglichst geringen Aufwand von Mitteln, z. B. schon mittelst einer einzigen Grove'schen Kette, erreicht werden könne, und dazu schien mir ein anderes Verfahren geeigneter, auf welches ich durch eine Stelle in Lambert's *Pyrometrie* (S. 144) geführt wurde. Die Theorie dieses Verfahrens ist folgende.

Die Wärme, welche der Flüssigkeit in einem Zeitdifferential $d\tau$ durch den Strom zugeführt wird, ist $= h\,d\tau$, wenn h den Erwärmungscoëfficienten bezeichnet; die Wärme, welche sie unterdefs durch Erkaltung verliert, ist $-mt'd\tau$, wo m den Erkaltungscoëfficienten und t' den Temperaturüberschufs der Flüssigkeit über die Umgebung bedeutet. Die gesammte Erwärmung dt' während der Zeit $d\tau$ ist also:

$$dt' = (h - mt')\,d\tau,$$

1) *Archiv. de l'éléctricité, T. V.*, *p.* 353.

wovon das Integral:

$$\tau = -\frac{1}{m} \log.(h - m t') + C$$

und, nach Bestimmung der Constante C, wenn t den Temperaturüberschufs für $\tau = 0$ bezeichnet:

$$\tau = \frac{1}{m} \log. \frac{h - m t}{h - m t'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Für ein anderes, eben so grofses Zeitintervall, wenn der Temperaturüberschufs zu Anfange desselben $= t'$, und am Ende t'' ist, hat man ähnlich

$$\tau = \frac{1}{m} \log. \frac{h - m t'}{h - m t''} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Setzt man beide Ausdrücke einander gleich, so kommt:

$$h = m \frac{t'^2 - t t''}{2t' - t - t''} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3),$$

welches auch, wenn man $t' - t = \delta'$ und $t'' - t = \delta''$ setzt, so geschrieben werden kann:

$$h = m \left(t + \frac{\delta'^2}{2\delta' - \delta''} \right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

und in dieser Form den Einflufs des anfänglichen Temperaturüberschusses t deutlicher hervortreten läfst. Ist dieser Temperaturüberschufs $= 0$, so reducirt sich der Ausdruck auf den einfacheren:

$$h = m \,.\, \frac{\delta'^2}{2\delta' - \delta''} = m \,.\, \frac{t'^2}{2t' - t''} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Für einen und denselben Apparat ist m eine constante Gröfse; zur Prüfung des Joule'schen Gesetzes bedarf man ihrer also nicht, da man setzen kann:

$$\frac{h}{m} = i^2 r.$$

Die Anwendung dieses Verfahrens wird einleuchtend seyn. Man beobachtet zu drei verschiedenen Momenten, die durch gleiche Zeitintervalle getrennt sind, die Temperatur der vom Strome erwärmten Flüssigkeit entweder mittelst eines Thermometers oder besser am Galvanothermometer. Man wiederholt diese drei Beobachtungen entweder bei demselben Widerstand und einer anderen Stromstärke

oder bei derselben Stromstärke und einem anderen Widerstand, und erhält somit entweder:

$$\frac{h}{m} : \frac{h'}{m} = i^2 : i'^2, \quad \text{oder:} \quad \frac{h}{m} : \frac{h'}{m} = r : r'.$$

In dieser Weise habe ich einige Reihen von Messungen ausgeführt, die im Allgemeinen eine ganz befriedigende Bestätigung des erwähnten Gesetzes lieferten.

Das hiebei benutzte Galvanothermometer hat folgende Einrichtung. Eine kleine Stöpselflasche von 52 Millim. Höhe (ohne den Hals gerechnet), 33 Millim. äufserem Durchmesser und geringer Wanddicke bildet den Hauptkörper desselben. Im Boden hat sie ein 20 Millim. weites Loch, verschlossen durch einen fehlerfreien Kork, durch welchen die nöthigen Drähte in das Innere gehen. Sind diese Drähte an ihrem Ort, so wird die Flasche bis in den Hals mit Alkohol gefüllt, und darauf eine etwa anderthalb Fufs lange eingeriebene Glasröhre, deren untere Grundfläche etwas concav ist, fest aufgesteckt und eine in Millimeter getheilte Scale daran befestigt. Der innere Durchmesser dieser Röhre richtet sich natürlich ganz nach der Empfindlichkeit, welche man dem Instrumente geben will; bei dem meinigen beträgt dieser Durchmesser etwa 1,0 Millimeter.

Zur Befestigung und leichten Auslösung des Drahts, der durch den Strom erwärmt werden soll, dienen zwei Silberdrähte von etwa zwei Millim. Dicke, welche am inneren Ende mit einem Löchelchen und einem Schraubengewinde versehen sind. In diese Löchelchen werden die Enden des dünnen Drahts gesteckt und darin durch Schraubenmütter festgehalten. Sollen successive drei Drähte erwärmt werden, so sind vier solcher Befestigungspunkte erforderlich, einer für die einen Enden der drei Drähte, und die übrigen drei für die anderen drei Enden. Aufserhalb werden die dicken Silberdrähte durch Klammern fernerweitig verknüpft.

Bei dem angewandten Instrumente war die Flasche unten nur durch einen Kork verschlossen. Besser ist es statt dessen eine mattgeschliffene, und zur Durchlassung der Silberdrähte gehörig durchbohrte Glasplatte anzuwenden, in ähnlicher Weise, wie ich einen solchen Verschlufs schon seit längerer Zeit bei dem Voltameter habe anbringen lassen.

II. *Ueber die Influenzelektricität und die Theorie des Condensators; von Peter Riefs.*

Der älteste elektrische Versuch, zwei Jahrtausende hindurch der einzige, zeigt, dafs der Bernstein durch Reiben in einen eigenthümlichen Zustand versetzt wird, in welchem derselbe leichte Körper aus der Entfernung lebhaft anzieht. Es hat hiebei den Anschein, als ob ein elektrisirter Körper die Kraft besäfse, nicht elektrisirte Körper anzuziehen, und wirklich ist die Thatsache lange so gedeutet und bewundert worden. Aber das Wunder war gröfser, als man glaubte, und eine klare Einsicht in die elektrischen Erscheinungen wurde erst möglich, als jene Thatsache gegen den Augenschein geläugnet und es erkannt war, dafs ein elektrisirter Körper unelektrische Körper nicht anzieht. Aepinus[1]) konnte diesen Ausspruch um so leichter thun, da nicht allein Franklin's Theorie von dem Spiele der Elektricität darauf leitete, als auch Canton längere Zeit zuvor die Thatsache entdeckt hatte, die den Ausspruch mit der Erfahrung vollkommen versöhnte. Ein jeder Körper nämlich, der in die Nähe eines elektrisirten gebracht ist, wird selbst elektrisch, die von dem Bernstein angezogenen Strohhalme sind elektrisch und die beobachtete Anziehung findet daher zwischen elektrisirten Körpern statt. Bringt man einen Körper in die Lage, dafs er die Elektricität, welche er durch die Nähe eines elektrisirten Körpers erhalten hat, sogleich wieder verliert, so wird er von dem letzteren nicht bewegt. Die Elektrisirung durch Nähe eines elektrischen Körpers, Elektrisirung durch Influenz genannt, hat seit ihrer Entdeckung mit Recht die gröfste Aufmerksamkeit erregt, da sie die beständige Begleiterin aller elektrischen Versuche ist; sie hat aber Anlafs zu mannigfachen Irrthümern gegeben, die grofsentheils noch fortbestehen, ja sogar neue Zweige getrieben haben. Die Wurzel dieser Irrthümer ist in einem falsch

1) *Tentamen theoriae electricitatis, Petrop.* 1759, *p.* 43.

gedeuteten Versuche und in einer übel gewählten Bezeichnung zu finden. Es ist vorhin ganz allgemein die Elektrisirung durch Influenz neben die durch Reibung gestellt worden, und doch scheinen diese Arten der Elektricitätserregung verschieden zu seyn. Man denke sich ein geriebenes Stück Bernstein und in einiger Entfernung davon einen Strohhalm, beide Körper von allen übrigen Körpern so weit entfernt, dafs der elektrische Zustand derselben von diesen nicht geändert werden kann. Auf dem Bernsteine findet sich nur eine Elektricität, die negative, während auf dem Strohhalm beide Elektricitäten vorhanden sind, die positive dem Bernstein zunächst, die negative am entferntesten davon. Aber dieser Unterschied der Elektrisirung ist nur scheinbar. Das Tuch, die Hand, womit der Bernstein gerieben worden, hat dadurch bekanntlich positive Elektricität erhalten, man hat durch Reiben einen zusammengesetzten Körper elektrisch gemacht, denselben nachher in zwei Stücke getrennt und davon ein Stück untersucht. Trennt man in gleicher Weise den Strohhalm in zwei Stücke, so erhält man jedes derselben mit nur einer Elektricitätsart und zwar das dem Bernstein nächste Stück positiv elektrisch. Diefs Stück darf also allein mit dem Bernstein verglichen werden und wir müssen dann sagen, dafs es elektrisch wie dieser, nur in entgegengesetzter Art sey. Bringt man dieses Stück mit dem Bernstein in Berührung, so verschwindet die positive Elektricität des Halmes und er wird negativ elektrisch, woraus hervorgeht, dafs die Menge der Influenzelektricität geringer ist, als die der Elektricität, durch welche sie erregt worden. Es zeigt sich, dafs die Menge der Influenzelektricität mit der Nähe beider Körper zunimmt. Aber auch bei gleichbleibendem Zwischenraum zwischen Bernstein und Strohhalm ist die Erregung der Influenzelektricität von einem andern Umstande, nämlich von der Länge des Strohhalms, abhängig. Es werde der Halm in die Nähe des Bernsteins gebracht, so ist, wie eben gesagt worden, sein nächstes Ende positiv, sein fernstes negativ elektrisch. Wir wollen die Elektricität des vorderen Endes Influenz-

elek-

elektricität oder Influenzelektricität erster Art, die des hinteren Endes Influenzelektricität zweiter Art nennen, und unser Augenmerk allein auf die erste Art richten. Ist der Strohhalm nur kurz, so wird die positive Elektricität des vorderen Endes nahe der negativen des hinteren Endes liegen und daher nur geringe Wirkung äufsern können; verlängern wir den Halm, so werden die beiden Elektricitätsarten weiter auseinanderliegen, die Wirkung der positiven wird zunehmen, und sie wird ihr Maximum erreichen, wenn wir den Halm aufserordentlich lang nehmen. Dieser Versuch ist mit dem folgenden von ihm gänzlich verschiedenen Versuche verglichen worden. Ein einzelnstehender elektrisirter Körper wird durch Verbindung mit dem Erdboden unelektrisch, seine Elektricität wird, wie man sagt, durch den verbindenden Leiter abgeleitet. Ein Strohhalm neben einem geriebenen Bernstein wird durch Berührung mit dem Finger nicht unelektrisch, seine positive Elektricität wird vielmehr, nach dem eben beschriebenen Versuche, die gröfste Stärke erhalten, welche sie bei der einmal gewählten Entfernung erreichen kann. Man glaubte hiernach auf die Existenz einer eigenen Elektricitätsgattung schliefsen zu können, die im Gegensatz zu der gewöhnlichen Elektricität nicht abgeleitet werden könne, ja man ging weiter und sprach dieser Elektricität auch eine Anziehung und Abstofsung ab, liefs sie also nur als virtuelle Kraft gelten. Unterstützt wurde diese Ansicht durch eine frühere Bezeichnung der Influenzelektricität, die von einer anderen Wirkung derselben hergenommen ist. Eine isolirte Metallscheibe, an einer Fläche mit einem Drahte und Elektrometerpendeln versehen, werde elektrisirt, so dafs die Pendel zu einer bestimmten Weite divergiren. Wird der Scheibe eine ähnliche aber nicht isolirte Scheibe parallel genähert, so nimmt die Divergenz der Pendel ab, erhält aber ihre frühere Gröfse, wenn die zweite Scheibe entfernt wird; bleiben hingegen beide Scheiben in ihrer Lage, so kann die frühere Divergenz der Pendel nur dadurch erlangt werden, dafs man der isolirten Scheibe aufs Neue Elektricität in gehöriger Menge

zuführt. Volta, der diese Erscheinung zur Construirung seines Condensators benutzte, erkannte den Grund derselben (1782) in der Influenzelektricität der nicht isolirten Scheibe, die er zufällige (*accidentale*) Elektricität nennt, im Gegensatze zur reellen Elektricität der isolirten Scheibe [1]). Da nun die zufällige Elektricität der reellen dem Zeichen nach entgegengesetzt ist, so entstehe ein *equilibrio accidentale* beider Elektricitäten und die Capacität der nicht isolirten Scheibe werde vergröfsert, so dafs diese eine gröfsere Elektricitätsmenge bedürfe, um das an ihr befestigte Elektroskop zu gleicher Divergenz wie früher zu bringen. So unvollkommen diese Erklärung uns jetzt erscheint, so hat sie doch das Gute, dafs sie, auf Thatsachen gestützt, keine hypothetische Eigenschaft der Influenzelektricität ins Spiel mischt. Die negative Influenzelektricität einer nicht isolirten Scheibe, die einer positiv elektrischen isolirten Scheibe nahe steht, wird ganz der reellen negativen Elektricität gleich gesetzt, die wir einer isolirten Scheibe in der Nähe einer positiv elektrischen gleichfalls isolirten Scheibe gegeben haben. Es ist diefs den gesunden Ansichten gemäfs, die Franklin, Aepinus, Wilke früher aufgestellt hatten. Ganz anders aber verfuhr Lichtenberg, der einige Jahre später [2]) eine Erklärung der Wirkung des Condensators und Elektrophors gab. Indem er die Theorie der Elektricität im Allgemeinen betrachtet und dabei die des Feuers erwähnt, stellt er die Frage auf: Läfst sich bei der Elektricität auch eine specifische, absolute, sensible und gebundene betrachten? und in der folgenden Erklärung des Condensators und des Elektrophors nimmt er ohne Weiteres die letzten beiden Zustände an. Ich führe diese merkwürdigen Stellen im Wesentlichen mit den Worten Lichtenbergs an. Man elektrisire, sagt derselbe, eine Metallplatte, die man an seidenen Schnüren hält, dergestalt, dafs ein darauf stehendes Elektroskop eine Divergenz von 60 Graden zeigt, und

1) *Collezione dell'opere di Volta. Firenze* 1816. *T. I., pt. I., p.* 255.

2) Erxleben, Anfangsgründe der Naturlehre. Göttingen 1784. S. 498.

halte sie hoch über eine wagerechte leitende Tischplatte. So wie man die Platte dem Tische allmälig nähert, wird das Elektroskop fallen, zieht man sie aber wieder aufwärts, wird es wieder auf 60° steigen. Gesetzt nun 60° wäre der höchste Grad von Elektricität gewesen, welche die Platte habe halten können, ohne auszuströmen, so wird sie, dem Tische so nahe gebracht, dafs der Zeiger des Elektroskops auf 40° zeigt, wieder Elektricität von der Maschine annehmen können, die ihn auf 60° treibt. Würde also alle Elektricität, die der Scheibe jetzt zugehört, auf einmal *sensibel*, so würde sie eine Elektricität von 80° haben und 20° würden ausströmen. Es waren also 20° Elektricität *gebunden*, ohne deshalb für den Teller verloren zu seyn. Man sieht hieraus: die Atmosphäre um die Platte treibt den gleichnamigen natürlichen Antheil des Tisches zurück und zieht den ungleichnamigen. Derjenige Theil der Atmosphäre der Platte, der dieses thut, verliert seine *Empfindbarkeit* und ist gegen das Elektroskop *todt* (*latent* in der Ausgabe 1794) und eben so *todt* ist er auch gegen die Maschine, die der Platte neue Materie zuführen soll. — Das Spiel des Elektrophors erklärt Lichtenberg folgendermafsen (a. a. O. S. 523): Lege ich auf die $-E$ Oberfläche des Kuchens den Deckel, so wird ein Theil seines natürlichen $+E$ von ihm gezogen und sein natürliches $-E$ zurückgestofsen. Wird der Deckel berührt, so verbindet sich das freie $-E$ desselben mit $+E$ aus meinem Finger und dieses $+E-E$ ist $=0$, daher ruht alles; wird aber der Deckel aufgezogen, so wird sein erstes natürliches $+E$, das bisher durch den Kuchen *gebunden* war, wieder *freies sensibles* $+E$.

Hier ist also von dem gewöhnlichen elektrischen Zustande ein anderer unterschieden, in dem die Elektricität zwar vorhanden, aber wirkungslos, todt, latent seyn soll, ganz analog der Wärme in einem Körper, der seinen Aggregatzustand geändert hat. Die Influenzelektricität erster Art soll sich gänzlich in diesem Zustande befinden, so lange die sie hervorrufende Elektricität in ihrer Nähe ist, von

dieser letzteren soll aber nur ein Theil gebunden, der andere frei seyn. Ein einzelnstehender elektrischer Körper und ein elektrischer Körper in der Nähe eines nicht elektrisirten, die beide ein Elektroskop zu derselben Divergenz bringen, würden hiernach einer Wassermasse und einer Dampfmasse analog zu betrachten seyn, die bei sehr verschiedener Wärmemenge ein Thermometer zu demselben Grade erwärmen. Diese Unterscheidung zweier elektrischer Zustände hat allgemeinen Eingang in die Lehrbücher, deutsche wie fremde, gefunden, und bis auf den heutigen Tag werden in solchen ganze Kapitel über die gebundene, latente, dissimulirte Elektricität geschrieben. Diefs ist für die Wissenschaft von den verderblichsten Folgen gewesen. Die experimentirenden Physiker blieben nicht bei jenen Versuchen stehen, welche die Bezeichnung veranlafst hatten, sie suchten der gebundenen Elektricität näher zu treten, und die Realität der Bezeichnung nachzuweisen. Ich habe schon erwähnt, dafs der gebundenen Elektricität gänzliche Unwirksamkeit zugeschrieben wurde. Kaum war das Fehlerhafte jener Schlufsfolge nachgewiesen, so wurden andere nicht minder seltsame Eigenschaften derselben behauptet. Sie sollte bewegend aber bewegungslos seyn, abstofsend nur auf sich selbst, anziehend nur auf die Elektricität wirken, die sie erzeugt, sie sollte zwar im Raume wirken aber nur nach einer Seite hin und bis zu einer bestimmten Entfernung, die Abnahme ihrer Wirkung in die Ferne sollte einem anderen Gesetze folgen als die der freien Elektricität. Und solche abentheuerliche Vorstellungen konnten gefafst werden, während die Arbeiten eines Franklin, Wilke, Aepinus, Coulomb und Poisson schon seit lange vorlagen. Die Vorstellung einer gebundenen Elektricität hat nicht allein eine grofse Menge von Abhandlungen hervorgerufen, die selbst in ihren experimentellen Theilen nutzlos vorübergegangen sind, sie ist in die Elemente der Elektricitätslehre eingedrungen, und hat für den Gebrauch des wichtigsten elektrischen Apparats, des Condensators, eine Formel aufstellen lassen, die, obgleich niemals begründet,

häufig angewendet worden ist. Hierauf habe ich daher näher und ausführlicher einzugehn. Die Theorie des Condensators und der Leydener Flasche wird von Biot, in seinem 1816 erschienenen *Traité T.* 2, *p.* 365, und nach demselben bis heut in vielen Lehrbüchern folgendermafsen angegeben. Es werde einer isolirten leitenden Platte (Collektorplatte) die Elektricitätsmenge 1 mitgetheilt, und die Menge der dadurch in einer nahestehenden nicht isolirten Platte (Condensatorplatte) erregten Influenzelektricität betrage $-m$, so wird auf der Collektorplatte die Menge m^2 gebunden. Die Collektorplatte befindet sich daher genau in demselben Falle (*cas*), als ob sie nur eine Elektricitätsmenge $1-m^2$ besäfse und sie wird daher mehr Elektricität aufnehmen können, als wenn sie einzeln ohne Condensatorplatte aufgestellt wird. Ist E die gröfste Elektricitätsmenge, die sie einzelnstehend aufnimmt, so wird sie in der Nähe der Condensatorplatte so lange fortfahren sich zu laden, bis ihre freie Elektricität E beträgt. Es sey die ganze aufgenommene Elektricitätsmenge A, so hat man $A(1-m^2)=E$ oder $\frac{A}{E}=\frac{1}{1-m^2}$. Dieser Bruch giebt das Verhältnifs der Elektricitätsmengen an, welche die isolirte Platte einzeln und im Apparate aufnimmt, und drückt daher die condensirende Kraft des Apparates aus.

Ich will die Ableitung der Formel, so sonderbar sich dieselbe neben den in dem angeführten Werke vorgetragenen Prinzipien Coulombs und Poissons ausnimmt, übergehen und nur die Formel selbst betrachten. Dafs dieselbe nicht allein zur Veranschaulichung des Condensationsphänomens, sondern zur wirklichen Berechnung bestimmt ist, geht aus der Folge hervor, wo ein Mittel angegeben wird, um für einen gegebenen Condensator die Menge der Influenzelektricität im Verhältnifse zur erregenden oder m zu bestimmen. Aus dem gefundenen Werthe soll denn die verstärkende Kraft des Apparats berechnet werden. Ich habe mich vergebens nach Versuchen oder nach Stich haltenden theoretischen Betrachtungen umgesehen,

die dem Biot'schen Ausdrucke zu Grunde liegen könnten; derselbe scheint nur die willkührliche Umwandlung eines von Aepinus gegebenen Ausdrucks zu seyn. Um nämlich zu erklären, weshalb die Leydener Flasche eine grofse Ansammlung von Elektricität gestattet und zwar eine desto gröfsere, je dünner das Glas derselben ist, betrachtet Aepinus [1]) ein einzelnes elektrisches Theilchen im Innern der Flasche und nennt die Wirkung der inneren Belegung auf dasselbe r, die der äufseren r'. Unter der Annahme, dafs die angesammelte Elektricität auf der inneren Belegung gleichförmig vertheilt sey, wird der analytische Ausdruck gegeben für die Kraft, mit welcher diese Menge abgestofsen wird und zwar für den Fall, wo die innere Belegung in der Flasche allein steht, und für den, wo ihr die äufsere gegenübersteht. Soll die abstofsende Kraft in beiden Fällen dieselbe seyn, so müssen verschiedene Elektricitätsmengen angewendet werden, und es findet sich, dafs wenn die Menge bei alleinstehender Belegung γ beträgt, dieselbe bei Anwendung der Flasche $\frac{\gamma}{1-\left(\frac{r'}{r}\right)^2}$ seyn mufs. Von dem unbekannten Werthe $\frac{r'}{r}$ läfst sich sogleich einsehen, dafs er kleiner als 1 ist, weil nämlich die äufsere Belegung der Flasche von dem betrachteten elektrischen Theilchen entfernter ist, als die innere, und dafs er sich desto mehr der Einheit nähern werde, je näher die Belegungen zusammenrücken. Daraus schliefst denn Aepinus, dafs eine Leydener Flasche stets mehr Elektricität aufnehmen könne, als die innere Belegung allein, und dafs eine Flasche, die bis zu ihrem Maximum geladen werde, eine desto gröfsere Elektricitätsmenge besitze, je dünner das Glas derselben ist. Von einer Berechnung des Ausdrucks $\frac{1}{1-\left(\frac{r'}{r}\right)^2}$ ist bei Aepinus nicht die Rede und kann auch jetzt nicht die Rede seyn, da der

1) *Tentamen theoriae etc.*, *p.* 58.

Werth $\frac{r'}{r}$ für einen bestimmten Fall weder theoretisch noch experimentell auch nur näherungsweise angegeben werden kann. Anders ist es mit dem von Biot an die Stelle jenes Werthes gesetzten *m*, da dieses eine bestimmt definirte Gröfse und, wie ich später zeigen werde, hinreichend genau in Zahlen zu finden ist. Die Einführung dieser Gröfse, welche die Menge der in der Condensatorplatte erregten Influenzelektricität bezeichnet, und die angegebene Abhängigkeit der Verstärkungszahl des Condensators von derselben ist theoretisch nirgends gerechtfertigt. Erwägt man ferner, was unter Verstärkungszahl eines gegebenen Condensators verstanden wird, so ergiebt sich, dafs nach einer solchen im Allgemeinen gar nicht gefragt werden kann. Wir haben eine leitende Scheibe, die Collektorplatte, auf irgend eine Weise verbunden mit einem Körper, auf dem sich Elektricität entwickelt. Diese Elektricität wird sich auf dem ganzen Körpersysteme, das aus Scheibe, Verbindungsstück und Elektricitätsquelle besteht, ins Gleichgewicht setzen und der Scheibe wird davon eine gewisse Menge zukommen. Der Versuch wird wiederholt, während der Collektorplatte die abgeleitete Condensatorplatte genähert ist. Nach bekannter Erfahrung tritt hier eine andere Anordnung der Elektricität ein und die Collektorplatte erhält mehr Elektricität als früher. Das Verhältnifs dieser beiden der Collektorplatte zukommenden Elektricitätsmengen giebt die Verstärkungszahl des Condensators und offenbar hängt diese ab von Form und Dimensionen der einzelnen Theile des Körpersystems, auf dem sich die Elektricität anordnet, also, die Condensatorplatten constant gesetzt, von Form und Dimensionen des Verbindungsstücks, des Elektricität entwickelnden Körpers, von der Stelle, an welchem der Körper das Verbindungsstück und dieses die Collektorplatte berührt, von der Lage des Ableitungsdrahts der Condensatorplatte, und endlich von der Entfernung der beiden Platten von einander. Nach der Verstärkungszahl kann daher nur bei einem bestimmten Versuche gefragt werden;

sollte für diese Zahl ein analytischer Ausdruck je entwickelt werden, so könnte derselbe nur für diesen Fall, und für keinen andern, Geltung haben. Der Biot'sche Ausdruck, der für alle Versuche gelten soll, die an demselben Condensator angestellt werden, kann daher nur eine empirisch gefundene erste Annäherung seyn — aber auch, dafs sie diese ist, ist niemals gezeigt worden — eine Annäherung, die keinen praktischen Nutzen gewähren würde. Denn die Bestimmung der Gröfse m, nach welcher die Verstärkungszahl berechnet werden soll, ist schwieriger als die directe Ermittelung dieser Zahl selbst, und das Mittel, welches Biot zu dieser Bestimmung angiebt, zeigt deutlich, dafs er dieselbe niemals versucht habe. Es erscheint daher nöthig, den Ausdruck $\frac{1}{1-m^2}$ für die Verstärkungszahl des Condensators gänzlich zu verwerfen und die Wirkungsweise des Apparats, ohne Berücksichtigung der Menge erregter Influenzelektricität, von der verminderten Dichtigkeit bestimmter Punkte der Collektorplatte herzuleiten.— Der Condensator wird zur Ansammlung von Elektricität in zwei verschiedenen Fällen gebraucht: bei Elektricitätsquellen mit constanter Dichtigkeit, wo er den Namen Condensator im engeren Sinne führt, und bei einer Elektricitätsquelle mit beliebig zu steigernder Dichtigkeit, wo er Ladungsplatte, in veränderter Form Leydener Flasche, genannt wird. In beiden Fällen beruht seine Wirksamkeit auf einer veränderten Anordnung der Elektricität auf der isolirten Platte des Apparats, nach welcher bestimmte Stellen derselben durch Einwirkung der abgeleiteten Platte eine geringere Dichtigkeit zeigen als früher, während die Dichtigkeit anderer Stellen nothwendig vergröfsert wird. Bei dem Gebrauche des eigentlichen Condensators kann es nur als Erfahrungssatz hingestellt werden, dafs die Elektricitätsquelle von constanter Dichtigkeit an eine solche Stelle der verringerten Dichte der Platte angelegt, der Platte eine gröfsere Elektricitätsmenge zu geben vermag als früher. Das Verhältnifs der Verringerung der Dichtigkeit an der Anlegungsstelle zu der

Vergröſserung der aufgenommenen Elektricitätsmenge ist veränderlich mit Form, Gröſse und relativer Lage der Elektricitätsquelle und der Collektorplatte und kann selbst in den einfachsten Fällen theoretisch nicht angegeben werden. Dieser Uebelstand, durch nicht überwundene analytische Schwierigkeiten herbeigeführt, fällt fort bei der zweiten, bei genauen Messungen jetzt allein bestehenden Anwendung des Condensators als Ladungsplatte. Hier wird der isolirten Platte Elektricität in beliebiger Menge zugeführt und diese kann so lange gesteigert werden, bis das Ausströmen der Elektricität in die Luft beginnt. Dieſs Ausströmen tritt an dem Zuleitungsdrahte der Platte am frühesten ein, und würde bei alleinstehender Collektorplatte nur die Aufnahme einer geringen Elektricitätsmenge gestatten. Durch Hinzufügung der Condensatorplatte wird die Anordnung der Elektricität verändert, die Dichtigkeit am Zuleitungsdraht vermindert und somit eine neue Aufnahme von Elektricität möglich gemacht. Da hier der Apparat bei Untersuchung der verminderten Dichtigkeit und bei dem Gebrauche unverändert bleibt, so haben die Messungen jener Dichtigkeit einen directen Bezug zur Anwendung des Apparats. Bei demselben Körper, er mag einzeln oder einem anderen nahe stehen, verhalten sich die Dichtigkeiten desselben Punktes genau wie die Elektricitätsmengen, die dem Körper mitgetheilt werden, und wenn sich daher findet, daſs an dem Zuleitungsdrahte einer Ladungsplatte die Dichtigkeit durch Hinzufügung der Condensatorplatte auf die Hälfte gesunken ist, so folgt daraus, daſs der Apparat noch einmal so viel Elektricität aufnehmen kann, als die einzeln stehende Collektorplatte derselben. Ich habe, zum Belege dieser Sätze, Messungen an Condensatoren angestellt, bei verschiedener Gröſse der Platten und bei verschiedener Entfernung derselben. Einige Versuche sind in doppelter Weise, mit Hülfe des Funkenmikrometers und der Torsionswaage, angestellt. Obgleich die letzteren Versuche bei weitem die genaueren sind, so habe ich die Mittheilung der ersteren nicht unterdrückt, weil sie anschaulicher sind, und den

Nutzen des Condensators deutlicher hervortreten lassen. Es hat sich gezeigt, dafs der Vortheil der gröfseren Condensatoren nicht, wie Biot nach seiner Formel aussagt, darauf beschränkt ist, eine absolut gröfsere Ansammlung von Elektricität zu gestatten, sondern dafs die Ansammlung auch relativ gröfser ist, so dafs der gröfsere Condensator auf der Flächeneinheit mehr Elektricität aufzunehmen vermag als der kleinere. Bei vergröfserter Entfernung der Platten fand sich die aufzunehmende Elektricitätsmenge im Allgemeinen nicht im umgekehrten Verhältnifse dieser Entfernungen verringert, sondern in einem geringeren. Der Einflufs der Länge des Zuleitungsdrahtes der Collektorplatte, der Lage des Ableitungsdrahtes der Condensatorplatte ist in einem bestimmten Falle aufgezeigt worden. Endlich habe ich eine Methode angegeben und ausgeführt, die Gröfse m zu bestimmen, das Verhältnifs der erregten Influenzelektricität zu der mitgetheilten erregenden Elektricität. Die gewonnenen Zahlenwerthe sind übersichtlich zusammengestellt, aber durch keinen algebraischen Ausdruck dargestellt worden; analytisch liefs sich ein solcher, bei der grofsen Complicirung der Bedingungen, nicht entwickeln und ihn empirisch aufzusuchen, zeigte sich keine Veranlassung, da derselbe nur für die angewandte Form und Dimensionen der Condensatoren strenge Gültigkeit haben könnte. Algebraische Ausdrücke aber, die nur den Werth einer abgekürzten Tabelle haben, dürfen, nach meiner Meinung, in der Physik nur da aufgestellt werden, wo der Gebrauch sie verlangt. So wünsche ich denn, dafs diese Untersuchung die Veranlassung werde, die Influenzerscheinungen und die Theorie des Condensators auf eine naturgemäfsere Weise vorzuführen, als bisher in den meisten Lehrbüchern geschehen; sollte sie fernere Untersuchungen über die Eigenschaften der gebundenen Elektricität, wie seit lange bis in die neueste Zeit hinein periodisch erschienen sind, zu verhindern im Stande seyn, so würde dieselbe der Wissenschaft einen bei Weitem gröfseren Dienst geleistet haben, als der Umfang dessen, was sie bietet, vermuthen liefse.

A. Veränderung der Dichtigkeit an der Collektorplatte durch Einfluſs der Condensatorplatte.

α) Versuche mit dem Funkenmikrometer.

§. 1.

Zwei ebene Messingscheiben 81,6 par. Lin. im Durchmesser, $\frac{17}{24}'''$ dick, mit abgerundeten Rändern, sind auf dem Mittelpunkt einer Fläche mit cylinderförmigen halbkugelig geschlossenen Fortsätzen von $14\frac{3}{8}'''$ Länge und $11\frac{7}{24}'''$ Dicke versehen. Diese Fortsätze sind in der Axe durchbohrt, so daſs darin ein Zuleitungsdraht mittelst Klemmschraube befestigt werden kann, und haben winkelrecht auf ihrer Axe eine Höhlung, in welcher ein 8″ 2‴ langer mit Schellack überzogener Glasstab gekittet ist. Mit Hülfe dieser Glasstäbe und geeigneter Fuſsstücke sind die Scheiben auf einem Brette winkelrecht aufgestellt. Die eine Scheibe, die Condensatorplatte genannt werden soll, steht auf einem Charniere, durch das sie aus der verticalen Lage bis unter das Fuſsbrett gedreht werden kann, die andere Scheibe, Collektorplatte genannt, steht auf einem Schlitten, der sich auf einem horizontalen mit einer Eintheilung versehenen Prisma bewegt und daselbst beliebig festgestellt werden kann. Die freien Flächen der Scheibe konnten so in Berührung gebracht und in ihrer Centrallinie von einander entfernt werden, sie bilden also, entfernt von einander, einen condensirenden Apparat, in welchem die isolirende Zwischenschicht aus Luft besteht. Bei dem Gebrauche erhielt der Fortsatz der Condensatorplatte einen horizontalen Messingdraht von 10″ 11‴ Länge u. $\frac{5}{6}'''$ Dicke, der in einer kleinen Kugel endigte, die durch einen Draht mit den Gasröhren des Hauses verbunden war. Nachdem die Collektorplatte Elektricität erhalten hatte, wurde die Condensatorplatte heruntergeschlagen und dadurch die Condensirung, das heiſst die veränderte Anordnung der Elektricität auf der ersten Platte, aufgehoben.

§. 2.

Das Funkenmikrometer besteht aus zwei auf Glasfüſsen

isolirten Messingkugeln von 7‴ Dicke, von welchen die eine feststeht, die andere auf einem Schlitten mittelst Mikrometerschraube der ersten genähert werden kann. Der Maafsstab, welcher die Entfernung bestimmte, ist in 0,2 par. Lin. getheilt, der Vernier giebt 0,02, der Kopf der Schraube 0,0023 Linien an. Die feststehende Kugel wurde mit dem Fortsatze der Collektorscheibe durch einen 8″ 5‴ langen und $\frac{1}{7}$‴ dicken Kupferdraht verbunden und bildete demnach das Ende des Zuleitungsdrahtes derselben. Während die andere Kugel, zu den Gasröhren abgeleitet, 3 bis 4 Linien von der ersten entfernt stand, wurde die Collektorplatte elektrisirt und dann durch Nähern der Kugeln entladen. Die Schlagweite, bei welcher die Entladung eintrat, giebt ein Maafs der Dichtigkeit an dem nächsten Punkte der feststehenden Kugel, die daher bestimmt werden konnte, sowohl wenn die Collektorplatte allein stand, als wenn die Collektorplatte ihm in einer bestimmten Entfernung gegenüberstand.

§. 3.

Die Collektorplatte wurde alleinstehend durch Berührung mit einer geladenen Leydener Flasche elektrisirt; ihre Schlagweite wurde zuerst bestimmt, als die Condensatorplatte entfernt blieb, alsdann nachdem diese ihr genähert war. Diese beiden Schlagweiten werden verglichen unter der Annahme einer gleichen Elektricitätsmenge in der Platte. Es war durch Messung an der Torsionswaage ausgemacht worden, dafs die Flasche 0,014 ihrer Elektricitätsmenge der Scheibe abgab, bei der zweiten Berührung derselben also weniger als bei der ersten, zugleich fiel die Elektricitätsmenge der zweiten Berührung durch die Zerstreuung in die Luft geringer aus. Um diese Ungleichheit der Elektricitätsmenge zu corrigiren, bediente ich mich der Methode der abwechselnden Bestimmung, und verglich eine einzelne Schlagweite mit dem Mittel der beiden sie einschliefsenden Schlagweiten. Es wurden gewöhnlich acht Schlagweiten bestimmt, die hiernach sechs Werthe des gesuchten Verhältnisses lie-

ferten. Die Zeit zwischen zwei Bestimmungen betrug nahe 50 Secunden.

§. 4.

Verhältnifs der Schlagweiten am Zuleitungsdrahte der Collektorplatte bei Näherung der Condensatorplatte und ohne dieselbe.

Entfernung der Scheiben 2 Linien.

(Schlagweite in par. Linien.)

Ohne Condens.	Mit Condens.	Mittel.	Verhältnifs.
1,475			
	0,150	1,406	0,106
1,337		0,142	0,106
	0,135	1,303	0,104
1,270		0,132	0,104
	0,130	1,244	0,105
1,219		0,128	0,105
	0,126		0,105

5 Linien.

Ohne Condens.	Mit Condens.	Mittel.	Verhältnifs.
1,407			
	0,371	1,353	0,274
1,300		0,360	0,277
	0,349	1,275	0,273
1,251		0,338	0,270
	0,327	1,222	0,268
1,194		0,323	0,270
	0,320		0,272

10 Linien.

Ohne Condens.	Mit Condens.	Mittel.	Verhältnifs.
1,354			
	0,571	1,287	0,443
1,221		0,554	0,453
	0,538	1,184	0,454
1,147		0,519	0,452
	0,501	1,115	0,449
1,083		0,494	0,456
	0,487		0,451

20 Linien.

Ohne Condens.	Mit Condens.	Mittel.	Verhältnifs.
1,554			
	1,023	1,504	0,680
1,454		1,002	0,689
	0,981	1,424	0,688
1,394		0,964	0,691
	0,947	1,380	0,686
1,367		0,939	0,688
	0,932		0,687

Entfernung der Scheiben 30 Linien.

(Schlagweite in par. Linien.)

Ohne Condens.	Mit Condens.	Mittel.	Verhältnifs
1,319			
	1,026	1,282	0,800
1,246		0,998	0,801
	0,970	1,229	0,789
1,212		0,959	0,791
	0,948	1,195	0,793
1,179		0,937	0,794
	0,926		0,794

50 Linien.

Ohne Condens.	Mit Condens.	Mittel.	Verhältnifs
1,551			
	1,391	1,521	0,914
1,491		1,373	0,920
	1,356	1,475	0,919
1,460		1,325	0,908
	1,304	1,435	0,909
1,411		1,290	0,914
	1,276		0,914

§. 5.

Die Schlagweite an dem Ende des normal aufgesetzten langen Zuleitungsdrahtes zur Collektorplatte wurde hiernach bei derselben Elektricitätsmenge um desto geringer gefunden, je näher derselben die Condensatorplatte gestellt ist, und zwar hat man folgende Schlagweiten, wenn die Schlagweiten bei ganz entfernter Condensatorplatte der Einheit gleichgesetzt ist.

Entfernung der Platten....	∞	50‴	30‴	20‴	10‴	5‴	2‴.
Schlagweite an d. Coll.-Platte	1	0,914	0,794	0,687	0,451	0,272	0,105.

Wird der Apparat als Ladungsplatte zur Ansammlung von Elektricität gebraucht, so geben die Schlagweiten die Gröfse der Ansammlung an, welchen derselbe bei der verschiedenen Entfernung seiner Platten gestattet. Da nämlich am Knopfe des normalen Zuleitungsdrahtes eine Ausströmung der Elektricität am frühesten eintritt, so wird die Ansammlung der Elektricität auf der Platte so lange stattfinden, als die Schlagweite an dem Knopfe eine bestimmte Gröfse nicht überstiegen hat. Diese, von dem Zustande der Luft abhängige Gröfse werde zur Einheit angenommen, so zeigt

die Schlagweite bei verschiedener Stellung der Condensatorplatte, in welchem Verhältnisse die Elektricitätsmenge noch vermehrt werden darf, damit sie die Einheit erreicht. Die Elektricitätsmengen, welche der Condensator bei verschiedener Einrichtung aufnehmen kann, verhalten sich daher umgekehrt wie die zugehörigen Schlagweiten. Bei der Entfernung der Platten von 2 Linien kann die Collektorplatte nahe 9,5 mal, bei Entfernung von 50 Linien nur 1,09 mal soviel Elektricität aufnehmen, als wenn sie allein steht. Man sieht, dafs in kleinen Entfernungen, die bei dem angewandten Condensator bis 5 Linien gehen, die Elektricitätsmengen, welche von der Collektorplatte aufgenommen werden können, nahe im umgekehrten Verhältnisse der Entfernungen der Platte stehen, von da an aber in einem geringeren Verhältnisse abnehmen. Es wird diefs in einem späteren Paragraphe bestätigt werden. Der Zuleitungsdraht übertraf in diesen Versuchen den Durchmesser der Platten um $\frac{1}{4}$, bei einer gröfseren Länge desselben wurden die Schlagweiten nur wenig geändert, wie die folgenden Versuche zeigen, in welchen die Collektorplatte mit der festen Kugel des Mikrometers durch einen 18″ 3‴ langen Draht verbunden war.

Entfernung der Scheiben 5 Linien.
(Schlagweite in par. Linien.)

Ohne Condens.	Mit Condens.	Mittel.	Verhältnifs.
1,460			
	0,409	1,430	0,286
1,400		0,394	0,280
	0,380	1,387	0,274
1,374		0,380	0,276
	0,380	1,351	0,281
1,329		0,370	0,278
	0,360		0,279

10 Linien.

Ohne Condens.	Mit Condens.	Mittel.	Verhältnifs.
1,295			
	0,635	1,280	0,496
1,266		0,626	0,494
	0,617	1,259	0,490
1,253		0,604	0,482
	0,591	1,243	0,475
1,233		0,588	0,477
	0,586		0,486

Entfernung der Scheiben 20 Linien.

(Schlagweite in par. Linien.)

Ohne Condens.	Mit Condens.	Mittel.	Verhältnifs.
1,509			
	1,005	1,488	0,676
1,467		1,002	0,683
	1,000	1,433	0,697
1,400		0,987	0,700
	0,971	1,377	0,709
1,347		0,957	0,710
	0,940		0,696

Die Schlagweiten, die oben bei dem 101 Linien langen Zuleitungsdrahte 0,272 0,451 0,687 waren, wurden hier bei dem 219 Linien langen Drahte 0,279 0,486 0,696 gefunden.

§. 6.

Messung der von der Collektorplatte aufgenommenen Elektricitätsmenge.

Wird an den Knopf des Zuleitungsdrahts der alleinstehenden Collektorplatte ein leitender elektrisirter Körper angelegt, so verbreitet sich die Elektricität über den ganzen zusammengesetzten Leiter nach eigenen Gesetzen, und die elektrische Anordnung auf den einzelnen Theilen ist von Form und Dimensionen derselben abhängig. Trennt man daher den berührenden Körper von dem Zuleitungsdrahte, so hat dieser und die Collektorplatte eine gewisse Menge Elektricität aufgenommen und der Knopf des Drahtes hat eine bestimmte Schlagweite. Diese Schlagweite wird in einem bestimmten Verhältnisse vermindert, wenn die Condensatorplatte der Collektorplatte nahe gestellt wird (§. 4). Vollführt man die Berührung des Knopfes mit dem elektrisirten Körper, während Collektor- und Condensatorplatte einander nahe stehn, so tritt eine Anordnung der Elektricität auf dem zusammengesetzten Leiter ein, die von der früheren völlig verschieden ist, weil zu den früheren Bedingungen derselben noch die Form und Dimensionen der Condensatorplatte und die Entfernung von der Collektorplatte hinzutreten. In dieser neuen Anordnung erhält die Collektorplatte eine gröfsere Elektricitätsmenge als früher, die

die sich dann nach Entfernung des elektrisirten Körpers und der Condensatorplatte merkbar machen läfst. Hierauf beruht der Gebrauch des Condensators zur Anhäufung der Elektricität von einer Elektricitätsquelle mit constanter Dichtigkeit. Während diese einem Elektroskope eine nicht bemerkbare Elektricitätsmenge mittheilt, kann die Elektricitätsmenge bedeutend vermehrt werden, indem man den Zuleiter des Elektroskops mit einer Collektorplatte versieht, derselben eine Condensatorplatte nahe stellt und letztere nach der Berührung entfernt. Das Verhältnifs der Elektricitätsmenge der Collektorplatte, je nachdem sie bei der Berührung allein gestanden oder in der Nähe der Condensatorplatte, heifst die Verstärkungszahl des Condensators, die begreiflich für dasselbe Instrument nicht constant ist, sondern von Form und Dimensionen des angelegten Körpers und dem Berührungspunkte desselben mit der Collektorplatte abhängt. Im Allgemeinen läfst sich nur aussagen, dafs die Verringerung der Schlagweite am Berührungspunkte der freien Collektorplatte, durch Näherung der Condensatorplatte, stets eine Vermehrung der von der Collektorplatte aufgenommenen Elektricitätsmenge bedingt, während das Verhältnifs der Vermehrung zu der Verringerung mit jedem Versuche variirt.

§. 7.

Ich will hier die Messung der Elektricitätsmenge in einem bestimmten Falle anführen, an demselben Condensator, für den §. 4 die Schlagweiten ermittelt worden sind. Eine Leydener Flasche mit einer Belegung von $\frac{1}{7}$ Quadratfufs, deren Glascylinder 41 Linien im äufseren Durchmesser hatte und deren Zuleitungsdraht mit Kugel 13 Zoll lang war, wurde als elektrisirter Körper benutzt. Während die Kugeln des Funkenmikrometers 4 Lin. entfernt standen, wurde der Knopf der Flasche an die feststehende Kugel des Mikrometers angelegt und zwar so, dafs der Zuleitungsdraht der Flasche mit dem des Condensators einen rechten Winkel bildete. Die Collektorplatte stand dabei allein und die Schlagweite derselben wurde nach Entfernung der Flasche gemessen. Alsdann wurde die Conden-

satorplatte der Collektorplatte nahe gestellt, und die Kugel aufs Neue mit der Flasche berührt. Als darauf die Flasche und dann die Condensatorplatte entfernt waren, wurde die Schlagweite wieder gemessen. Der Elektricitätsverlust der Flasche durch die erste Berührung und durch die Luft wurde nicht in Rechnung gebracht. Der Versuch wurde mehrmal wiederholt. Das Verhältnifs der gemessenen Schlagweiten ist, da sie beide bei freistehender Collektorplatte genommen wurden, zugleich das Verhältnifs der Elektricitätsmengen, welche dieselbe mit und ohne Hülfe der Condensatorplatte aufgenommen hatte.

Verhältnifs der von der Collektorplatte ohne und mit Condensirung aufgenommenen Elektricitätsmengen.

Entfern. der Scheiben 10 Lin.			Entfern. der Scheiben 30 Lin.		
Schlagweite der aufgenommenen Elektricitätsmenge.			Schlagweite der aufgenommenen Elektricitätsmenge.		
Ohne Condensirung.	Mit Condensirung.	Verhältnifs der Elektricitätsmenge.	Ohne Condensirung	Mit Condensirung.	Verhältnifs der Elektricitätsmenge.
1,100	2,593	2,35	0,82	1,06	1,29
1,063	2,453	2,30	0,787	1,04	1,32
1,013	2,373	2,34	0,78	1,022	1,31
		2,33	0,78	1,02	1.31
					1,31
20 Linien.			50 Linien.		
1,304	1,969	1,51	0,962	1,062	1,10
1,32	2,02	1,53	0,920	1,020	1,11
1,30	1,96	1,51	0,902	1,013	1,12
		1,52			1,11

Geringere Entfernungen der Scheiben als 10‴ konnten nicht angewandt werden, weil dabei entweder die eine Schlagweite zu gering ausfiel, um gemessen werden zu können, oder die andere so grofs wurde, dafs die Elektricität zischend ausströmte. Die Collektorplatte, welche alleinstehend von der Leydener Flasche die Elektricitätsmenge 1 empfing, hat also durch die Einwirkung der in verschiedene Entfernung gestellten Condensatorplatte folgende Mengen aufgenommen:

Entfernung der Platten	∞	50‴	30‴	20‴	10‴
Aufgenommene Elektricitätsmenge	1	1,11	1,31	1,52	2,33.

se Elektricitätsmengen stehen nahe im umgekehrten Ver-

hältnisse der Schlagweiten, welche an dem Berührungspunkte der Collektorplatte mit der Flasche beobachtet wurden, wenn die Platte mit constanter Elektricitätsmenge geladen ist und die Condensatorplatte derselben genähert wird. Nimmt man nämlich von den im §. 5 ermittelten Schlagweiten die umgekehrten Werthe, so erhält man für die hier angewandten Entfernungen die Zahlen

1 1,09 1,25 1,45 2,21.

Der Unterschied dieser Zahlen und der direct gefundenen Elektricitätsmengen rührt nicht allein von Beobachtungsfehlern her. Denn wenn auch die Abhängigkeit der Elektricitätsmenge von dem umgekehrten Werthe der Schlagweite an dem Berührungspunkte der Collektorplatte feststeht, so leuchtet es ein, daſs die Annäherung an die Proportionalität beider Gröſsen in jedem speciellen Versuche eine andere ist und mit Form und Dimensionen des an die Collektorplatte angelegten Körpers variiren muſs.

§. 8.

Ich habe die Versuche mit dem Funkenmikrometer angestellt und aufgeführt, weil sie eine anschauliche Erläuterung der Theorie des Condensators und der doppelten Anwendung desselben gewähren. Die an einem Punkte der Collektorplatte verminderte Schlagweite läſst begreiflich finden, daſs ein daran angelegter Körper, mit groſser Elektricitätsmenge von constanter Dichtigkeit, der Platte mehr Elektricität als früher zu geben im Stande sey, und lehrt den Gebrauch des unter dem Namen Condensator bekannten Apparats kennen. Ganz direct wird der Gebrauch der Ladungsplatte (in anderer Form der Leydener Flasche) damit aufgezeigt, da der Collektorplatte, die einzelnstehend nur Elektricität bis zu einer bestimmten Schlagweite aufnimmt, nachdem diese durch Condensation vermindert worden, durch einen Körper mit beliebiger Elektricitätsmenge von variabler Dichte so lange Elektricität mitgetheilt werden kann, bis die erste Schlagweite erreicht ist.

Aber diese Versuche weiter auszudehnen, hielt ich nicht für rathsam, und zwar nicht allein der geringen Schärfe

wegen, mit welcher Schlagweiten gemessen werden können, sondern eines Umstandes wegen, welcher dieselben wenig geeignet macht, einer künftigen analytischen Untersuchung zur Stütze zu dienen. Hierbei kommt es nämlich auf die Kenntnifs der durch Einwirkung der Condensatorplatte veränderten Dichtigkeit an Punkten der Collektorplatte an, die durch das Funkenmikrometer nicht erlangt werden kann. Die vollkommen zur Erde abgeleitete Kugel des Mikrometers, die der mit der Collektorplatte verbundenen Kugel zur Messung der Schlagweite genähert wird, wirkt nämlich selbst auf die Dichtigkeit des untersuchten Punktes ein. Man hat daher den sehr zusammengesetzten Fall vor sich, dafs eine Scheibe mit Fortsatzdraht und Kugel elektrisirt ist, diese Influenzelektricität erregt in einer Scheibe und einer Kugel, und zwischen diesen drei auf gesonderten Körpern befindlichen Elektricitätsmengen ein Gleichgewicht sich herstellt. Es wird hier die Form des Funkenmikrometers und die Gröfse der beweglichen Kugel auf die gesuchte Anordnung einwirken, Bedingungen, die der untersuchten Frage fremd sind. Ich habe mich daher von hier an der Prüfungskugeln und der Torsionswaage bedient, um die unter den einfachsten Bedingungen stattfindenden Dichtigkeiten der Collektorplatte zu bestimmen.

b) Versuche mit der Torsionswaage.

Durch Condensation verminderte Dichtigkeit.

§. 9.

Es wurde der §. 2 beschriebene Apparat angewandt, von dem die bewegliche Kugel des Funkenmikrometers entfernt worden war. Die Collektorplatte bestand daher aus der 81 Linien breiten Scheibe, deren Fortsatz durch einen 101 Lin. langen normalen Draht mit einer 7 Lin. dicken Kugel verbunden blieb. An dem äufsersten Punkte dieser Kugel, dem Ende also des zur Collektorplatte führenden Drahtes, wurde die Dichtigkeit gemessen. Die Messung geschah auf die früher beschriebene[1]) Weise mit gepaarten

1) Poggend. Ann. Bd. 71, S. 366.

Prüfungskugeln von 1 Lin. rad., die successiv in die Torsionswaage gebracht wurden. Die eine Kugel war an den bezeichneten Punkt angelegt worden bei freistehender Collektorplatte, die andere an denselben Punkt, nachdem die Condensatorplatte derselben gegenüber gestellt war. Es wird das Verhältnifs der zuerst gemessenen Dichtigkeit bei der Condensirung zu der ohne dieselbe angegeben:

Entfernung der Platten.	Prüfungs-kugel.	Zeit-intervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	Verhältnifs der Dichtigkeit.	Mittleres Verhältnifs.
2 Linien	4		67°			
	3	3',7	369	400°,8	0,167	
		2,5	349			
	3		55,5			
	4	3,1	293,5	314,3	0,179	0,173
		3,2	273,5			
3 -	3		133			
	4	3,9	524,5	557,3	0,239	
		2,5	504,5			
	4		114			
	3	3,2	466	490,9	0,232	0,235
		2,7	446			
4 -	4		101			
	3	3,3	336,5	361,8	0,279	
		2,8	316,5			
	3		82,3			
	4	2,8	261,5	280,4	0,293	0,286
		3,2	241,5			
5 -	4		162			
	3	3,2	467	491	0,330	
		2,8	447			
	3		130			
	4	3,2	352	381,8	0,340	0,335
		2,3	332			
10 -	4		211,3			
	3	3,4	405,7	431,4	0,490	
		2,8	385,7			
	3		177			
	4	3,6	331	357,6	0,494	0,492
		2,9	311			
15 -	3		267			
	4	3	430,3	452,2	0,590	
		2,9	410,3			
	4		200			
	3	2,7	313,5	333,3	0,600	0,595
		2,9	293,5			
20 -	3		345			
	4	4,1	474	502,9	0,686	

Entfernung der Scheiben.	Prüfungskugel.	Zeitintervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	Verhältnifs der Dichtigkeit.	Mittleres Verhältnifs.
		3'	454°			
	4		221,5			
	3	3	308,5	328,5	0,680	0,683
		3,2	288,5			
50 Linien	3		319,5			
	4	3,7	326,5	353	0,905	
		3	306,5			
	4		267,5			
	3	3	281,9	300,7	0,890	0,897
		3,4	261,9			

Das Ende des Zuleitungsdrahtes der Collektorplatte, das durch eine mitgetheilte Elektricitätsmenge die Dichtigkeit 1 besitzt, nimmt hiernach durch Wirkung der in verschiedene Entfernung gestellten Condensatorplatte die folgenden Dichtigkeiten an.

Entfern. der Platten	∞	50'''	20'''	15'''	10'''	5'''	4'''	3'''	2'''
Dichtigkeiten . .	1	0,897	0,683	0,595	0,492	0,335	0,286	0,235	0,173

Da nach der Einrichtung des Condensators eine Ausströmung der Elektricität zuerst an dem Ende des Zuleitungsdrahtes stattfindet, so ist aus den Dichtigkeiten die Gröfse der möglichen Ansammlungen zu finden. Die Elektricitätsmengen, welche von der Collektorplatte aufgenommen werden können, stehen im umgekehrten Verhältnisse der ermittelten Dichtigkeiten. Geht man von der kleinsten Entfernung aus, so zeigt sich, dafs die Dichtigkeiten in einem geringeren Verhältnisse als die Entfernungen zunehmen, und zwar ist diefs um so mehr der Fall, je gröfser die Entfernungen sind. Es läfst sich daher aussagen, dafs bei sehr geringen Entfernungen die Ansammlung von Elektricität, welche eine Ladungsplatte gestattet, der Dicke ihrer isolirenden Schicht nahe umgekehrt proportional ist.

§. 10.

Es ist oben (§. 5) gezeigt worden, dafs eine Verlängerung des Zuleitungsdrahtes einen geringen Einflufs auf die durch Condensation verminderten Dichtigkeiten ihres Endes äufsert; es wurde jetzt eine Verkürzung desselben versucht. Der bisher gebrauchte Zuleitungsdraht wurde ent-

fernt und eine $4\frac{5}{12}'''$ dicke Kugel mit einem kurzen starren Drahte in dem Fortsatze der Collektorplatte befestigt. Das sichtbare Stück des Drahtes maſs $3\frac{1}{2}$ Linien:

Entfernung der Scheiben.	Prüfungs-kugel.	Zeit-intervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	Verhältniſs der Dichtigkeit.	Mittleres Verhältniſs.
2 Linien	4		57°			
	3	3',9	349	374°,2	0,152	
		3,3	329			
	3		63,3			
	4	3,1	368,5	400,2	0,158	0,155
		2,1	348,5			
3 -	3		51,5			
	4	2,8	216	231,6	0,222	
		1,9	206			
	4		81,3			
	3	2,9	340	375	0,217	0,219
		1,8	320			
4 -	4		137,5			
	3	3	464,5	498,1	0,276	
		1,9	444,5			
	3		97			
	4	2,9	326,5	354,8	0,273	0,274
		2,2	306,5			
5 -	3		147			
	4	2,7	438,5	467,1	0,314	
		2	418,5			
	4		116,3			
	3	3,2	343	390	0,298	0,306
		1,5	323			
10 -	4		165			
	3	3,1	316	333,3	0,495	
		3,8	296			
	3		171			
	4	3,9	331	355,5	0,481	0,488
		3,4	311			
15 -	4		190,7			
	3	2,7	286,3	302,3	0,630	
		3,8	265,3			
	3		162,5			
	4	3,4	240,5	257,2	0,631	0,630
		4,4	220,5			
20 -	4		265			
	3	3,7	361	389,4	0,680	
		2,8	341			
	3		232			
	4	3,2	311	332,4	0,697	0,688
		3,2	291			
50 -	4		221			
	3	2,6	236	249,6	0,885	
		4,1	216			
	3		220,5			
	4	2,8	234	247	0,892	0,888
		4,6	214			

Man hat demnach

Entfern. der Scheiben	∞	50‴	20‴	15‴	10‴	5‴	4‴	3‴	2‴
Dichtigkeiten . . .	1	0,888	0,688	0,630	0,488	0,306	0,274	0,219	0,155

Während bei den gröfseren Entfernungen die Dichtigkeiten fast dieselben geblieben sind, wie bei dem längeren Drahte (§. 9) sind sie bei den kleineren wesentlich geändert worden. Doch gilt auch hier der Satz, dafs bei geringen Entfernungen der Scheiben die Dichtigkeiten auf der Collektorplatte nahe im umgekehrten Verhältnisse der Entfernungen stehen.

§. 11.

Bei dem Gebrauche des Condensators als Ladungsplatte (Leydener Flasche) ist am Rande der Collektorfläche die Ausströmung entfernt und tritt an demselben später ein als an dem Zuleitungsdrahte. Bei der Anwendung aber des Apparats zur Untersuchung constanter Elektricitätsquellen wird der Rand der Collektorscheiben häufig zur Anlegung des elektrischen Körpers benutzt. Ich habe deshalb die durch Condensirung veränderten Dichtigkeiten nahe dem Rande der Collektorscheibe (auf der hinteren freien Fläche derselben) bestimmt.

Dichtigkeiten am Rande der Collektorscheibe.

Entfernung der Scheiben.	Prüfungs-kugel.	Zeit-intervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	Verhältnifs der Dichtigkeit.	Mittleres Verhältnifs.
2 Linien	4		97°			
	3	3′,4	339	366°,1	0,265	
		2,7	319			
	3		77,5			
	4	3	283,5	304,3	0,255	0,260
		3,1	263,5			
3 -	4		97,5			
	3	3,4	260,5	278,3	0,350	
		4,1	240,5			
	3		83,5			
	4	3,6	230,8	250,5	0,333	0,341
		4	210,8			
4 -	4		157,5			
	3	3,4	361	393,5	0,400	
		2,6	341			
	3		126,4			
	4	3,4	285	298,3	0,423	0,412
		3,3	265			

Entfernung der Scheiben.	Prüfungskugel.	Zeitintervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	Verhältnifs der Dichtigkeit.	Mittleres Verhältnifs.
5 Linien	3		173°,8			
	4	3',6	354 ,5	385°,6	0,450	
		2 ,5	334 ,5			
	4		126			
	3	2 ,7	251	267 ,1	0,471	0,460
		3 ,6	231			
10 -	3		220 ,5			
	4	4	328	357 ,1	0,617	
		3	308			
	4		231			
	3	3 ,6	349	374 ,6	0,616	0,617
		3	329			
15 -	3		162 ,5			
	4	3	206 ,5	220 ,7	0,736	
		4 ,6	186 ,5			
	4		203			
	3	3 ,4	262	279 ,4	0,726	0,731
		4 ,2	242			
20 -	3		193			
	4	3 ,2	217 ,5	233	0,828	
		4 ,5	197 ,5			
	4		189 ,5			
	3	3 ,3	214 ,2	228 ,8	0,828	0,828
		4 ,9	194 ,2			
50 -	3		214 ,5			
	4	2 ,7	212	224 ,2	0,956	
		4 ,8	192			
	4		294 ,2			
	3	3 ,2	297	317 ,7	0,926	0,941
		3 ,3	277			

Man hat also für den Rand der Collektorscheibe folgende Dichtigkeiten:

Entfern. d. Scheib.	∞	50'''	20'''	15'''	10'''	5'''	4'''	3'''	2'''
Dichtigkeiten . .	1	0,941	0,828	0,731	0,617	0,460	0,412	0,341	0,260

Die durch Condensation verminderten Dichtigkeiten sind durchweg gröfser, als die bei den früheren Versuchen, eine Ladungsplatte also, die an ihrem Rande Elektricität ausströmt, erlaubt eine viel geringere Ansammlung von Elektricität, als eine solche, bei welcher die Ausströmung an dem Ende des an ihre Mitte normal angesetzten Zuleitungsdrahtes stattfindet. Ferner aber wird die Verstärkungszahl eines Condensators eine andere und zwar geringer seyn, wenn der zu untersuchende Körper an den Rand, als wenn er an die Mitte desselben angelegt wird.

§. 12.

Dichtigkeitsänderung an einem kleinen Condensator.

Die Erfahrung hat gelehrt, dafs man, je gröfser die Scheiben des Condensators sind, eine desto gröfsere Ansammlung von Elektricität aus derselben Elektricitätsquelle erhält. Biot hat diefs dadurch zu erklären geglaubt, dafs die gröfsere Collektorscheibe alleinstehend eine gröfsere Elektricitätsmenge aufnehme, als die kleinere[1]), Munk af Rosenschöld hat aber darauf aufmerksam gemacht[2]), dafs der ganze Condensator aus gröfseren Scheiben einen gröfseren Vertheilungscoëfficienten habe, das Verhältnifs also der ohne und mit Condensation aufgenommenen Elektricitätsmenge bei diesen gröfser sey, als bei kleineren Scheiben. Die folgenden Versuche bestätigen diese Meinung, indem die Verminderung der Dichtigkeiten an einem kleinen Condensator bedeutend geringer gefunden wurde, als in den vorhergehenden Paragraphen. Der dazu angewandte Condensator bestand, wie der grofse, aus zwei vertikal gestellten Scheiben, die zur Berührung gebracht und von einander entfernt werden konnten. Nur stand die Condensatorplatte unverrückbar fest, und die Glasstäbe waren nicht unmittelbar in die cylindrischen Fortsätze (§. 1) eingelassen, sondern mittelst Messingfassungen an denselben befestigt. Die Collektorplatte mufste bei jedem Versuche von der Condensatorplatte entfernt werden, was gewöhnlich nur bis $50\frac{1}{3}'''$ geschehen konnte; ich überzeugte mich, dafs eine gröfsere Entfernung die gemessenen Dichtigkeiten nicht mehr merklich änderte. Folgende sind die Maafse des Apparats. Durchmesser der Scheiben $52'''$, Dicke $\frac{1}{2}\frac{7}{4}'''$; Hülse der Glasstäbe $6\frac{1}{2}'''$ lang, $6\frac{1}{2}'''$ Durchmesser. Der cylindrische halbkugelig geschlossene Fortsatz der Collektorscheibe $11\frac{3}{4}'''$ lang, $6\frac{5}{2\,4}'''$ dick. In dem Fortsatze der Condensatorscheibe war der starre $131'''$ lange Messingdraht befestigt, (zu gleichem Zwecke bei den grofsen Scheiben angewandt) (§. 1), der normal auf der Fläche der Scheibe stand und dessen

1) *Traité de physique, T. II., p.* 367.

2) Poggend. Ann. Bd. 69, S. 237.

Ende zu den Gasröhren des Hauses abgeleitet war. Es wurde die Dichtigkeit des äufsersten Punktes an der Collektorplatte untersucht bei verschiedener Entfernung der Scheiben, die wegen der schnellen Zunahme der Dichtigkeit nur bis 15‴ ausgedehnt wurde.

§. 13.

Dichtigkeiten an dem Fortsatze der Collektorplatte.

Entfernung der Scheiben.	Prüfungskugel.	Zeitintervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	Verhältnifs der Dichtigkeit.	Mittleres Verhältnifs.
2 Linien	3		74°			
	4	3′	293	315°,7	0,234	
		1,4	283			
	4		58,7			
	3	2,5	234	254,5	0,231	0,232
		1,3	224			
3 -	3		86			
	4	2,9	244	260,5	0,330	
		3,8	224			
	4		62			
	3	2,1	176,5	188,2	0,329	0,330
		1,9	166,5			
4 -	4		120,5			
	3	2,9	277	304,4	0,396	
		2,3	257			
	3		95,7			
	4	3,1	223,5	244,7	0,391	0,393
		3,2	203,5			
5 -	4		88,5			
	3	3	188	200,2	0,442	
		2,6	178			
	3		79			
	4	2,3	167	177,6	0,444	0,443
		2,3	157			
6 -	3		73			
	4	2,4	141,5	149,7	0,501	
		3,1	131,5			
	4		55			
	3	3,1	100,5	111,6	0,492	0,496
		3,1	90,5			
8 -	4		79			
	3	3,1	121,5	132,4	0,596	
		3,1	111,5			
	3		71			
	4	2,5	114	121,3	0,585	0,590
		3,7	104			
10 -	4		160			
	3	2,1	221	229,7	0,696	
		2,5	211			
	3		131,5			

Entfernung der Scheiben.	Prüfungskugel.	Zeitintervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	Verhältniſs der Dichtigkeit.	Mittleres Verhältniſs.
	4	2′,8	182°	193°	0,681	0,688
		2,7	172			
15 Linien	4		148			
	3	3,2	180	192,1	0,770	
		2,8	170			
	3		119			
	4	3,4	145	155,1	0,767	0,768
		3,6	135			

Vergleichen wir diese, an dem Fortsatze einer Collektorscheibe von 52‴ Durchmesser erhaltenen Dichtigkeiten mit den an einem ähnlichen Punkte einer Scheibe von 81‴ Durchmesser früher gefundenen (§. 10):

Entfern. der Scheiben	∞	15‴	10‴	8‴	6‴	5‴	4‴	3‴	2‴
Dichtigk. am kl. Cond.	1	0,768	0,688	0,590	0,496	0,443	0,393	0,330	0,232
- - gr. -	1	0,630	0,488			0,306	0,274	0,219	0,155

Bei gleicher Entfernung der Scheiben sind die Dichtigkeiten an dem kleinen Condensator gröſser als an dem groſsen, so daſs letzterer nicht nur eine absolut, sondern auch eine relativ gröſsere Ansammlung verträgt. Um ein Beispiel zu geben: bei 2‴ Entfernung verträgt der kleine Condensator nur 4,3 von der Elektricitätsmenge, die seine Collektorscheibe alleinstehend aufnehmen kann, der groſse hingegen 6,4 von seiner zur Einheit dienenden Elektricitätsmenge. Wollte man daher zwei kleine Collektorscheiben verbinden, die einzelnstehend dieselbe Elektricitätsmenge aufnehmen könnten, wie eine groſse, so würde nach Hinzufügung der Condensatorscheiben in die Entfernung von 2‴, der groſse Condensator doch $1\frac{1}{2}$ mal so viel Elektricität aufnehmen können, als der kleine. Es zeigt dieſs den Vorzug der aus wenigen groſsen Flaschen bestehenden Batterien vor den aus mehr Flaschen bestehenden von gleicher Oberfläche. Das Uebergewicht der groſsen Condensatoren über die kleinen wird um so gröſser, je kleiner die Entfernung ihrer Scheiben ist und verschwindet bei einer groſsen Entfernung gänzlich. Nach einer constanten Abhängigkeit des Verhältnisses der Dichtigkeiten von dem Verhältnisse der Durchmesser der Scheiben kann daher nicht die Rede seyn.

In den mitgetheilten Versuchen variirt das Verhältnifs der Dichtigkeiten von 1,5 bis 1,2.

§. 14.

Abhängigkeit der Dichtigkeiten des Collektors von der Ableitung der Condensatorplatte.

Man pflegt im Allgemeinen von der Ableitung der Condensatorplatte zu reden, ohne Angabe der Art, wie diese Ableitung eingerichtet gewesen, und in der That begnügt man sich oft damit, die Platte an einer beliebigen Stelle mit dem Finger zu berühren. Wie sich nun aber schon theoretisch einsehen läfst, dafs die Stelle der Berührung, die Form und Lage des ableitenden Körpers einen Einflufs auf die Ansammlung der Elektricität auf der Collektorplatte haben müsse, so schien es mir nicht überflüssig, durch den Versuch zu zeigen, dafs dieser Einflufs keineswegs unbedeutend und selbst bei groben Versuchen nicht zu vernachlässigen sey. Es wird hieraus, wie schon aus den früher mitgetheilten Versuchen hervorgehen, dafs die Frage nach der Verstärkungszahl eines Condensators, von dem man zwei in bestimmte Entfernung von einander gestellte leitende Platten als gegeben betrachtet, nicht nur bisher nicht beantwortet worden, sondern überhaupt nicht zu beantworten ist. An dem im vorigen Paragraphe gebrauchten kleinen Condensator war der Ableitungsdraht der Condensatorplatte normal auf die Platte gestellt; derselbe wurde nun an der Seite des Plattenfortsatzes angebracht, so dafs derselbe, ungefähr 5‴ von der Platte entfernt, mit der Ebene derselben parallel lief.

Entfernung der Scheiben.	Prüfungs-kugel.	Zeit-intervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	Verhältnifs der Dichtigkeit.	Mittleres Verhältnifs.
2 Linien	3		28°,2			
	4	4',8	126 ,5	145°	0,194	
		2 ,9	116 ,5			
	4		32			
	3	4 ,3	150	171 ,7	0,187	0,190
		2 ,2	140			
3 -	3		54 ,5			
	4	5 ,9	168 ,5	200 ,1	0,272	
		2 ,1	158 ,5			
	4		53			

Entfernung der Scheiben.	Prüfungskugel.	Zeitintervall.	Torsionen. Beobachtet.	Berechnet.	Verhältnifs der Dichtigkeit.	Mittleres Verhältnifs.
	3	4′	182°	199°,2	0,266	0,269
		2,5	172			
4 Linien	4		28,5			
	3	3,5	75	85,5	0,333	
		3,8	65			
	3		51			
	4	3,5	134	146,7	0,347	0,340
		3	124			
5 -	3		51			
	4	3,2	114	124,6	0,409	
		3,3	104			
	4		91			
	3	3,8	203,2	223,6	0,407	0,408
		2	193,2			
10 -	3		94,8			
	4	3,6	143,5	157,5	0,600	
		2,8	133,5			
	4		72,5			
	3	3,1	110,2	122	0,594	0,597
		2,9	100,2			

Entfernung der Scheiben . . .	∞	10‴	5‴	4‴	3‴	2‴
Dichtigkeiten (parallele Ableit.)	1	0,597	0,408	0,340	0,269	0,190
– (normale Ableit.)	1	0,688	0,443	0,393	0,330	0,232

Bei dem parallel mit der Condensatorplatte laufenden Ableitungsdrahte findet sich für jede Entfernung eine geringere Dichtigkeit an der Collektorplatte als bei dem normal angebrachten, so dafs also bei der ersten Anordnung der Condensator einer stärkeren Ansammlung der Elektricität fähig ist, als bei der letzten. Bei der hier gebrauchten kleinsten Entfernung von 2‴ verhalten sich die beiden Ansammlungen wie 5,2 zu 4,3, ein Unterschied, der schon hier bedeutend, bei den viel kleineren Entfernungen der gewöhnlichen Condensatorplatten (die oft kaum $\frac{1}{10}$‴ von einander stehen) noch gröfser seyn mufs.

B. Messung von Mengen der erregten Influenzelektricität.

§. 15.

Von der Menge der Influenzelektricität erster Art und dem gewöhnlich mit *m* bezeichneten Verhältnisse derselben zur erregenden Elektricität ist in der Elektricitätslehre häu-

fig die Rede, ohne dafs man bisher ernstlich daran gegangen wäre, dieselbe für bestimmte Fälle zu messen. Es ist mir nur eine einzige und zwar beiläufig gegebene Messung der Art bekannt, die hier erwähnt werden kann. Coulomb[1]) näherte einer positiv elektrisirten achtzölligen Kugel zwei sich berührende zweizöllige Kugeln bis zur Entfernung der Kugelflächen von 2 Zoll und zwar so, dafs die Centra der Kugeln in einer geraden Linie lagen. Er brachte die kleinen Kugeln successiv in die Torsionswaage und fand, dafs jede derselben eine gleiche Elektricitätsmenge besafs, die vordere von negativer, die hintere von positiver Elektricität. Es konnte daher eine Messung der Influenzelektricität zweiter Art (die der hinteren Kugel) auch für die Influenzelektricität erster Art dienen. Nachdem diese Messung der Elektricität der hinteren Kugel ausgeführt war, wurde die Kugel entladen, mit der grofsen Kugel in Berührung gesetzt und aufs Neue in die Waage gebracht. Da nun aus früheren Versuchen die Elektricitätsmenge bekannt war, welche die kleine Kugel durch Berührung von der grofsen empfing, so konnte das Verhältnifs der in der vorderen Kugel erregten Influenzelektricität zu der Elektricität der grofsen Kugel berechnet werden. Diefs Verhältnifs wurde 0,36 gefunden, welches also die Menge der Influenzelektricität erster Art angiebt, die eine achtzöllige Kugel auf zwei sich berührende zweizöllige Kugeln in der Entfernung von zwei Zoll erregt. Bei anderen Entfernungen oder mit andern Körpern hat Coulomb keine Messung der Influenzelektricität angestellt, die auch in der beschriebenen Art nicht hätte ausgeführt werden können. Coulomb legte, und wie es mir scheint mit Recht, wenig Gewicht auf die Bestimmung der Menge der Influenzelektricität und wandte sich zu der für die elektrischen Apparate viel wichtigeren Bestimmung der Dichtigkeit einzelner Stellen der influencirten Körper. Als Biot zur Kenntnifs der Verstärkungszahl eines Condensators die Menge der Influenzelektricität verlangte, gab er ein scheinbar sehr

1) *Mém. de l'Acad. de Paris* 1788, *p.* 678.

leichtes Verfahren an, diese zu bestimmen [1]). Die ganz gleichen Scheiben des Condensators sollten mit ihrem isolirenden Ueberzug auf einander gelegt werden, man sollte die Collektorscheibe elektrisiren, die Condensatorscheibe ableitend berühren, dann beide Scheiben von einander trennen und an jeder einen gleichgelegenen Punkt mit dem Prüfungscheibchen successiv berühren. Die Torsionen, welche die Elektricitätsmenge des Prüfungsscheibchens in der Waage messen, sollen das Verhältnifs der ursprünglichen Elektricität zur influencirten ergeben. Es ist hierbei die Influenzelektricität des an die Condensatorplatte angelegten ableitenden Körpers vernachlässigt, die von der gemessenen Menge fortgenommen worden ist, und diese vernachlässigte Menge kann nach dem Versuche sehr bedeutend seyn und ist aufserdem veränderlich mit der Stellung des berührenden Körpers und der Entfernung der Condensatorplatten. — Von einer Ausführung dieser Methode ist Nichts bekannt geworden, welches wohl daher rührt, dafs sie die practische Schwierigkeit mit sich führt, zwei Elektricitätsmengen verschiedener Art schnell nach einander in der Waage zu messen.

§. 16.

Obgleich mir die Bestimmung der Menge influencirter Elektricität in bestimmten Fällen für jetzt weder practisch nützlich noch theoretisch interessant genug erschien, um derselben eine längere Zeit zu widmen, so habe ich doch auf eine allgemein anwendbare Methode gedacht, dieselbe, wo es verlangt wird, mit annähernder Genauigkeit zu leisten. Ich will diese Methode, der Deutlichkeit wegen, sogleich auf einen bestimmten Fall angewendet beschreiben. Es kam darauf an, an dem grofsen Condensator (§. 1) die Influenzelektricitätsmenge der Condensatorscheibe bei verschiedenen Entfernungen der Scheiben zu messen. Der Fortsatz der Collektorscheibe war durch einen $3\frac{1}{2}'''$ langen in eine Kugel sich endigenden Draht verlängert, in dem Fortsatz der Condensatorplatte ein $131'''$ langer Draht mit End-

1) *Traité T. II.*, *p.* 366.

Endkugel befestigt (§. 10). Die Collektorplatte wurde positiv elektrisirt, die Condensatorplatte derselben genähert und an das Ende des Zuleitungsdrahtes der letzteren eine Prüfungskugel angelegt und ableitend berührt. Als die Entfernung der Scheiben von 3''' bis 50''' verändert wurde, gab die Prüfungskugel an einem sehr empfindlichen Säulenelektroskop keine Elektricität zu erkennen, wonach ich versichert war, dafs innerhalb dieser Entfernungen die Influenzelektricität erster Art ganz auf der Condensatorscheibe und ihrem Zuleitungsdrahte vorhanden war. Diese Menge wird folgendermafsen gemessen. Die Collektorscheibe habe einzelnstehend die Elektricitätsmenge e erhalten und werde an einem beliebigen Punkte mit einer Prüfungskugel berührt, die, in die Torsionswaage gebracht, die Torsion b ergiebt. Bezeichnet a eine Constante, so ist (die Constante der Torsionswaage 1 gesetzt) $ae = b$. Man bringe die Condensatorscheibe, nachdem sie an ihrem Zuleitungsdraht ableitend berührt worden und die daher die Elektricitätsmenge $-e' = -me$ besitzt, isolirt mit der Collektorscheibe in leitende Verbindung und berühre mit der Prüfungskugel einen beliebigen Punkt der zusammengesetzten Scheibe. In der Torsionswaage werde b' gefunden, so hat man $a'(e-e') = b'$ und hieraus das gesuchte Verhältnifs $\frac{e'}{e} = 1 - \frac{a}{a'} \frac{b'}{b}$, worin nur die für denselben Apparat und die gewählten Berührungspunkte constante Gröfse $\frac{a}{a'}$ unbekannt ist. Um dieselbe zu ermitteln, führt man in vorläufigen Versuchen die beiden angegebenen Messungen aus, ohne aber die Condensatorplatte vor ihrer Verbindung mit der Collektorplatte ableitend zu berühren. Dadurch ist $e' = 0$ und man hat $\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'}$.

§. 17.

Die Messungen wurden mit gepaarten Prüfungskugeln ausgeführt. Um die Constante $\frac{a}{a'}$ zu bestimmen, wurde die elektrisirte Collektorplatte an dem Knopfe ihres Fort-

satzes mit der einen Prüfungskugel berührt, alsdann die Condensatorplatte isolirt derselben bis zu einem Anschlagstücke genähert und durch einen kurzen gebogenen Draht mit ihr verbunden, endlich die andere Prüfungskugel an das Ende des Zuleitungsdrahtes der Condensatorplatte angelegt. Die zweite Kugel wurde zuerst, dann die erste in die Torsionswaage gebracht.

Messung des Verhältnisses $\frac{a}{a'}$.

Prüfungskugel.	Zeitintervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	$\frac{a}{a'}$	Mittel.
4		398°,5			
3	2',5	290	305°,6	0,767	
	3 ,4	270			
3		341			
4	3	248	263 ,8	0,773	
	4 ,1	228			
3		356 ,5			
4	2 ,8	259 ,5	276 ,2	0,774	
	3 ,6	239 ,5			
4		262			
3	2 ,2	194 ,5	201 ,6	0,769	0,771
	6 ,6	174 ,5			

§. 18.

Menge der Influenzelektricität nach der Entfernung der Scheiben.

Nachdem die Collektorplatte elektrisirt und an der angegebenen Stelle mit einer Prüfungskugel berührt worden, brachte ich die Condensatorplatte in eine bestimmte Entfernung von derselben, gab dem Ende ihres Zuleitungsdrahtes für einen Augenblick eine gute Ableitung, rückte sodann die Collektorplatte bis zum Anschlagstücke, verband beide Platten durch den kurzen Draht und berührte mit der andern Prüfungskugel das Ende des Zuleiters der Condensatorplatte. Die zweite Kugel wurde zuerst in die Torsionswaage gebracht und gab den Werth b', die erste den Werth b.

Entfernung der Scheib.	Prüfungskugel.	Zeitintervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	$\frac{b'}{b}$	Mittel.
2 Linien	3		41°			
	4	2',9	327	252°	0,116	
		2 ,5	307			
	4		37 ,5			
	3	3 ,4	301	323 ,8	0,116	0,116
		3 ,2	281			

Entfernung der Scheib.	Prüfungs-kugel.	Zeit-intervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	$\frac{b'}{b}$	Mittel.
3 Linien	3		60°,8			
	4	3′,4	396 ,5	418°,2	0,145	
		3 ,3	376 ,5			
	4		54			
	3	3 ,2	338	362 ,5	0,149	0,147
		2 ,8	318			
4 -	4		58 ,7			
	3	2 ,8	286	306 ,8	0,191	
		2 ,9	266			
	3		62 ,3			
	4	3 ,7	307 ,3	331 ,1	0,188	0,190
		3 ,5	287 ,3			
5 -	3		105			
	4	3 ,8	435 ,5	460 ,5	0,228	
		3 ,2	415 ,5			
	4		104			
	3	3 ,9	425 ,2	450 ,9	0,230	0,229
		3 ,2	405 ,2			
10 -	3		138			
	4	2 ,8	324	347 ,1	0,397	
		2 ,6	304			
	4		104 ,3			
	3	3 ,5	238	255 ,2	0,409	0,403
		4 ,4	218			
15 -	3		216			
	4	3	408 ,5	433 ,8	0,498	
		2 ,5	388 ,5			
	4		185			
	3	3 ,6	337 ,5	363 ,2	0,509	0,503
		3	317 ,5			
20 -	4		152			
	3	3 ,2	221 ,7	236 ,4	0,643	
		4 ,7	201 ,7			
	3		131			
	4	3	186	198 ,9	0,653	0,648
		5 ,1	166			
50 -	3		384			
	4	3 ,2	372	397 ,3	0,966	
		2 ,7	352			
	4		226 ,5			
	3	2 ,3	228	239 ,5	0,945	0,956
		4 ,3	208			

Die Menge der Influenzelektricität, die von der Elektricitätsmenge 1 erregt wird, gewöhnlich mit *m* bezeichnet, läſst sich aus diesen Zahlen für die angewandten Entfernungen der Scheiben leicht berechnen. Man hat nach §. 16 und 17

$$m = \frac{e'}{e} = 1 - 0{,}771\,\frac{b'}{b}.$$

Entfernung der Scheiben	2‴	3‴	4‴	5‴	10‴	15‴	20‴	50‴
Menge d. Influenzelektr.	0,911	0,887	0,854	0,823	0,689	0,612	0,500	0,263

§. 19.

Eine andere Reihe von Messungen wurde an demselben Condensator angestellt, wobei aber der Fortsatz der Collektorplatte durch einen 101‴ langen Draht mit einer 7‴ dicken Kugel verbunden war (§. 9). Der äufserste Punkt dieser Kugel wurde zur Prüfung gewählt, sowohl bei der einfachen Collektorscheibe, als nach ihrer Verbindung mit der Condensatorscheibe. Die Prüfungskugel, welche die zusammengesetzte Scheibe berührt hatte, kam zuerst in die Torsionswaage.

Bestimmung von $\frac{a}{a'}$.

Prüfungs-kugel.	Zeit-intervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	$\frac{a}{a'}$	Mittel.
4		183°,5			
3	3,,3	220	236°	1,29	
	4,5	200			
3		146,5			
4	3,4	174	188	1,28	
	2,6	164			
3		163			
4	3,1	198,5	211,1	1,29	
	2,6	188,5			
4		104,4			
3	2,5	127	136	1,30	1,29
	3	117			

Bestimmung von $\frac{b'}{b}$.

Entfernung der Scheib.	Prüfungs-kugel.	Zeit-intervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	$\frac{b'}{b}$	Mittel.
3 Linien	3		34°,7			
	4	4′,6	262	282°,8	0,123	
		4,8	242			
	4		29,3			
	3	3,3	221,3	232,2	0,126	0,124
		4,4	201,3			
5 -	3		55			
	4	3,6	286,5	304,4	0,181	
		4,3	266,5			
	4		49			
	3	3,2	254,8	268,2	0,183	0,182
		5,1	234,8			

Entfernung der Scheib.	Prüfungs-kugel.	Zeit-intervall.	Torsionen. Beobachtet.	Torsionen. Berechnet.	$\frac{b'}{b}$	Mittel.
10 Linien	4		72°,2			
	3	3',2	241 ,2	254°,9	0,283	
		5	221 ,2			
	3		125 ,7			
	4	3, 7	425	449 ,4	0,280	0,281
		3, 2	405			
15 -	4		106 ,8			
	3	3 ,6	279 ,8	296 ,5	0,360	
		4 ,6	259 ,8			
	3		73 ,5			
	4	3 ,3	191 ,2	202 ,8	0,362	0,361
		6 ,2	171 ,2			
20 -	3		120			
	4	3 ,6	268 ,5	284 ,2	0,422	
		4 ,9	248 ,5			
	4		91 ,2			
	3	2 ,9	204 ,2	214 ,9	0,424	0,423
		5 ,8	184 ,2			
50 -	4		109			
	3	3 ,2	175 ,8	187 ,7	0,582	
		5 ,9	155 ,8			
	4		138 ,8			
	3	3 ,4	225 ,7	238 ,8	0,581	0,581
		5 ,6	205 ,7			

Die Menge der Influenzelektricität oder *m* erhält man durch den Ausdruck:

$$m = \frac{e'}{e} = 1 - 1{,}29\ \frac{b'}{b}.$$

Entfernung der Scheiben	3'''	5'''	10'''	15'''	20'''	50'''
Menge der Influenzelektricität .	0,840	0,765	0,638	0,534	0,454	0,251

Durch Hinzusetzung des langen Drahts an die Collektorscheibe ist nicht nur die Menge der Influenzelektricität bei gleicher Entfernung der Scheiben vermindert, sondern diese Menge nimmt auch mit steigender Entfernung schneller ab.

Mit diesen Beispielen scheint mir die Anwendbarkeit der Methode hinlänglich aufgezeigt, deren gröfste Schwierigkeit daraus entsteht, dafs in einzelnen Fällen sehr verschiedene elektrische Dichtigkeiten kurz nach einander in der Torsionswaage bestimmt werden müssen, eine Schwierigkeit, die sich indefs immer beseitigen läfst, wenn man an der einfachen Scheibe einen Punkt von geringer Dichtigkeit, an der zusammengesetzten einen Punkt von grofser Dichtigkeit der Prüfung unterwirft.

III. *Ueber das galvanische Verhalten des Eisens zur Salpetersäure;*
von Wilhelm Rollmann in Halle.

Es giebt wohl kaum eine zweite Erscheinung in der Physik, über deren Ursache die Meinungen so verschieden und ungewifs wären, als sie es über die unter gewissen Umständen stattfindende Passivität des Eisens in Salpetersäure von 1,35 spec. Gewicht sind. Die darüber aufgestellten Hypothesen und Erklärungen sind der Hauptsache nach folgende:

Faraday[1]) nahm an, das Eisen überziehe sich in der concentrirten Salpetersäure mit einer unlöslichen Oxydschicht, welche es gegen Säure von 1,35 Dichte passiv mache; doch hat er selbst diese Hypothese wieder verworfen, ohne, so viel ich weifs, eine andere an deren Stelle gesetzt zu haben.

Mousson und de la Rive[2]) nehmen an, dafs das Eisen durch eine Schicht salpetriger Säure geschützt werde, die vom + Pol angezogen, vom — Pol abgestofsen werde; deshalb sey ersterer passiv, letzterer activ. Diefs kann jedoch, wie schon Schönbein[3]) bemerkt, deshalb nicht richtig seyn, weil die salpetrige Säure kein Ion ist. Die salpetrige Säure bildet sich allerdings durch secundäre Zersetzung der Salpetersäure, jedoch nur am — Pol, wie man bei Anwendung von wasserheller Säure deutlich sieht.

Fischer[4]) hält die Activität und Passivität des Eisens in Salpetersäure für polare Thätigkeiten; der galvanische Strom wirkt nach ihm am + Pol abstofsend, am — Pol anziehend auf die chemische Thätigkeit. Diese Hypothese genügt jedoch schon nicht mehr zur Erklärung der Fort-

1) Phil. Magaz. 1836, Juli, S. 53.

2) Poggend. Ann. Bd. 39, S. 330.

3) Poggend. Ann. Bd. 39, S. 342.

4) Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Basel, 2tes Heft.

dauer der Passivität nach Oeffnung der Kette. — Martens[1]) glaubt die Passivität des Eisens sey das Resultat der Modificationen, welche gewisse Flüssigkeiten dem natürlichen elektrischen Zustande oder der elektromotorischen Kraft desselben imprimirten. Er nimmt also an, dafs passives Eisen von gewöhnlichem specifisch verschieden sey.

Berzelius spricht einmal in diesen Annalen, ich weifs augenblicklich nicht wo, davon, dafs die Passivität des Eisens möglicherweise in einer Allotropie desselben beruhe. Schönbein[2]) hält das Passivwerden des Eisens als positive Elektrode für das Resultat der Spannung, die nach ihm die Elektroden, zufolge des Leitungswiderstandes in der Zersetzungszelle annehme. Schönbein bemerkt jedoch selbst, dafs diese Annahme nicht alle hierhergehörigen Erscheinungen erklären könne.

Millon[3]), Ohm und Leykauf[4]) nehmen eine chemische Oberflächenveränderung des Eisens in der concentrirten Salpetersäure an; und zwar Ersterer die Bildung von Eisenoxydul, Letztere die eines unlöslichen Nitrates.

Ich habe das Wesentliche, was die Faraday'sche Hypothese mit den beiden zuletzt genannten Annahmen gemein hat, nämlich die Bildung einer unlöslichen Schicht, bestätigt gefunden. Meine desfallsigen Versuche und Erfahrungen sind kurz folgende.

Zunächst untersuchte ich das Verhalten der Platineisenkette in concentrirter Salpetersäure. Die concentrirte rauchende Säure hatte ein specifisches Gewicht von 1,5. Das Eisen und Platin wurden in Form dünner Drähte angewandt. Tauchte man die mit dem Galvanometer verbundene Platineisenkette etwa $\frac{1}{4}''$ tief in die Säure, so bewirkte der entstehende Strom einen Ausschlag der Nadel von 30 bis 35° und Einstellung desselben auf 1 bis 2°. Dafs die rasche Abnahme des Stromes nicht allein Folge der Pola-

1) *Nouv. Mem. de l'acad. roy. de Brux.*, *T.* 10. — Pogg. Ann. Bd. 55.

2) Poggend. Ann. Bd. 57, S. 63.

3) *Compt. rend.*, *T.* 14, *p.* 940. — Poggend. Ann. Bd. 57, S. 281.

4) Poggend. Ann. Bd. 63, S. 389.

risation sey, ging daraus hervor, dafs wenn die Kette geöffnet und erst nach 5 Minuten wieder geschlossen wurde, die Nadel nur noch um 5° auswich. Bei einer frischen Kette, die erst *nach* dem Eintauchen mit dem Galvanometer verbunden wurde, wich die Nadel nur um 8° aus. Nachdem diese Kette einmal geschlossen gewesen war, brachte sie, nach Verschwinden der Polarisation, nur noch eine Ausweichung der Nadel von 5° hervor, und stellte sie, wie in allen eben angeführten Fällen, auf 1 bis 2° ein. Ich schlofs nun die Kette mittelst eines zweiten kurzen Drahtes, wodurch die Nadel auf 0° zurückging. Bei Aufhebung dieser Nebenschliefsung, nach beiläufig 5 Minuten, betrug die Ausweichung der Galvanometernadel 3°, ihre Einstellung 1°,5.

Aus allem diesen leuchtet klar hervor, dafs wir es hier nicht mit Ladungsphänomenen zu thun haben, oder dafs genauer gesagt, die galvanische Ladung so gering ist, dafs wir ihr die rasche Abnahme des Stroms nicht zuschreiben können. Bei dem einen Versuche, welcher zeigte, dafs die erst nach dem Eintauchen geschlossene Kette eine weit geringere Wirkung äufsere, als die schon *vorher* mit dem Galvanometer verbundene, kann überhaupt von Polarisation, die wir nur als Begleiterin und Folge des galvanischen Stromes kennen, noch gar nicht die Rede seyn.

Es deutet dieser Versuch vielmehr darauf hin, dafs die Salpetersäure für sich schon eine Wirkung auf die beiden Metalle oder wenigstens eines derselben ausüben müsse, die das volle Auftreten des Stromes hindere; so wie die anderen Versuche zeigen, dafs der einmal, wenn auch nur momentan, aufgetretene Strom eine gleiche nur stärkere, *dauernd* hemmende Wirkung für den ferneren Kreislauf des Stromes hervorbringe. — Was das erstere, nämlich die *Wirkung der Salpetersäure für sich*, anbetrifft, so haben bereits Schröder[1]) und Henrici[2]) beobachtet, dafs bei ungleichzeitigem Eintauchen zweier gleichen Metalldrähte in eine

1) Poggend. Ann. Bd. 54, S. 57.
2) Poggend. Ann. Bd. 55, S. 253.

Flüssigkeit ein Strom entstehe. Bei Eisen und Platin zeigt sich in Salpetersäure der zuerst eingetauchte Draht stets negativ gegen den zweiten. Ich erhielt, wenn die Zwischenzeit des Eintauchens etwa ½ Minute betrug, bei Eisendrähten 15 bis 20°, bei Platindrähten 2 bis 3° Ausweichung der Nadel. Schröder glaubt, diefs Phänomen beruhe darauf, dafs sich auf den Drähten ein Ueberzug bilde, der dann bei dem zuerst eingetauchten schon vorhanden sey, während er bei dem anderen noch fehle, also eine elektromotorische Differenz stattfinde. In Bezug auf das Platin habe ich den Gegenstand nicht weiter verfolgt, beim Eisen habe ich jedoch, wie wir sehen werden, Schröders Ansicht bestätigt gefunden.

Zunächst versuchte ich, die Natur dieser elektromotorischen Differenz dadurch zu ermitteln, dafs ich das Leitungsvermögen zweier Eisendrähte, die sich längere oder kürzere Zeit in Salpetersäure befanden, prüfte. Zu dieser Prüfung gebrauchte ich eine einfache kleine constante Kette, in deren Kreis ich ein Galvanometer und das fragliche in der Säure stehende Drähtepaar einschaltete. Als der Strom durch Drähte geleitet wurde, die bereits 24 Stunden in Salpetersäure standen, erhielt ich bei Einschaltung

	Ausweichung der Nadel.	Einstellung der Nadel.
zweier Platindrähte	75°	36°
zweier Eisendrähte	65	13

Derselbe Strom, unmittelbar darauf durch frisch gereinigte Drähtepaare geleitet, gab bei Einschaltung

zweier Platindrähte	75°	36°
zweier Eisendrähte	80	25

Die Kette für sich erhielt die Nadel auf einer constanten Ablenkung von 56°.

Wiederholungen dieses Versuches lieferten im Wesentlichen dieselben Resultate.

Das Platin hatte also sein ursprüngliches Leitungsvermögen unverändert behalten, während das des Eisens durch die blofse Einwirkung der Salpetersäure nicht unbedeutend verringert war. Es ist also nicht einer Abnahme der elek-

tromotorischen Kraft des Eisens zuzuschreiben, dafs eine Platineisenkette in Salpetersäure, die erst nach 24 Stunden durch das Galvanometer geschlossen wurde, nur noch einen Ausschlag der Nadel von 3° bewirkte, sondern der hemmenden Wirkung, welche die Salpetersäure dadurch auf den Strom ausübt, dafs sie den Leitungswiderstand des Eisens vergröfserte. — Ein vergröfserter Leitungswiderstand kann aber denkbarer Weise nur in einer chemischen Oberflächenveränderung gesucht werden. Das Product dieses chemischen Processes, der Ueberzug des Eisens, kann negativ gegen Eisen seyn, woraus sich das erwähnte Auftreten des Stromes bei ungleichzeitigem Eintauchen zweier Eisendrähte erklären würde.

Wie oben bemerkt, zeigt sich der Strom der Platineisenkette viel rascher geschwächt, wenn dieselbe nur einmal geschlossen war, wenn also das Eisen positive Elektrode war. Um diefs näher zu prüfen, tauchte ich 2 Eisen- und 2 Platindrähte isolirt in Salpetersäure, leitete nur ganz kurze Zeit einen schwachen galvanischen Strom durch die beiden Eisendrähte, und wartete dann das Verschwinden der Polarisation ab. Der Eisendraht, welcher als Kathode gedient hatte, gab mit einem der beiden Platindrähte verbunden, einen Ausschlag der Nadel von 5°, und die Anode mit dem anderen Platindrahte verbunden, einen solchen von 10°. — Zur weitern Untersuchung dieser Verschiedenheit, welche die Eisendrähte zeigten, jenachdem sie als Kathode oder Anode gedient, wurden 6 Eisendrähte in Salpetersäure getaucht und zwei zur Kathode, zwei zur Anode der oben erwähnten kleinen einfachen Kette [1]) gemacht, zwei Drähte blieben isolirt in der Säure. Nach etwa 3½ Stunden öffnete ich die Kette und schaltete das Galvanometer, so wie successive auch die drei Drähtepaare in den Kreis derselben ein. Ich erhielt bei Einschaltung

der beiden + Elektroden	30°	Ausweich.	10°	Einstellung,
- - — Elektroden	57	-	21	-
- - isolirten Drähte	46	-	14	-
zweier frisch gereinigter Drähte .	52	-	16	-

1) Die Kette erhielt für sich die Galvanometernadel constant auf 47°.

Die + Elektroden boten also den gröfsten Leitungswiderstand, den geringsten die — Elektroden, und die frisch gereinigten Drähte leiteten, übereinstimmend mit früheren Angaben, besser als die, welche 3½ Stunden in der Säure gestanden hatten. Das Galvanometer war jedoch hier nicht mehr einziger Zeuge einer vorgegangenen Veränderung. Die + Elektroden waren nämlich mit einer braunen Schicht überzogen, die, nachdem sie von der adhärirenden Säure durch Abwaschen in Wasser und Abtrocknen befreit war, sich glänzend zeigte, und, wenn auch nur matt, die Farben des Anlaufs durch Hitze hatte. Auch die Drähte, welche isolirt mit den — Elektroden gleich lange Zeit in der Säure gestanden hatten, waren nicht so rein metallisch glänzend als diese. So weit ich die braune Schicht chemisch untersuchen konnte, hatte sie die Eigenschaften eines Eisenoxyds. Zur Darstellung einer gröfseren Quantität derselben fehlte es mir an der nöthigen starken Säule. Obige Zahlen zeigen, dafs die — Elektroden besser leiteten als die frisch eingetauchten Drähte. Auf den ersten Anblick mag diefs auffallend erscheinen, doch erklärt es sich leicht, wenn man bedenkt, dafs sie in Folge der stattgehabten Zersetzung mit einer Schicht salpetriger Säure umgeben seyn mufsten, welche selbst während der Dauer der Messungen eine chemische Veränderung ihrer Oberfläche verhinderte, die bei den frisch eingetauchten Drähten schon stattgefunden haben mufte. Dafs diefs der Fall sey, zeigte sich, wenn man die frisch gereinigten Drähte schon vor ihrem Eintauchen in den Kreis der Kette einschaltete, der Ausschlag der Nadel war dann gröfser als er oben angegeben, wo die Verbindung erst nach dem Eintauchen der fraglichen Drähte stattgefunden.

Die Oxydschicht verhält sich gegen Eisen in Salpetersäure stark negativ, gegen Platin positiv, wenn auch oft nur sehr schwach. Wurde ein oxydirter Draht, nachdem er abgewaschen und getrocknet war, gleichzeitig mit Platin eingetaucht, so betrug die Ausweichung der Nadel etwa 15°, liefs man jedoch den oxydirten Draht in der Säure, so be-

wirkte er mit Platin verbunden nur einen Ausschlag von wenigen Graden.

Aus der Bildung dieser Oxydschicht am + Pol, so wie aus ihrem negativen Verhalten zu Eisen folgt nun ohne Weiteres die rasche Abnahme des Stroms der Platineisenkette. Dafs sich auch durch den schwachen Strom dieser Kette die Oxydschicht bilde, beruht übrigens nicht auf einer blofsen Annahme, denn nachdem eine solche Kette unter gehörigen Vorsichtsmafsregeln einige Wochen in concentrirter Salpetersäure gestanden, fand sich der Eisendraht stellenweise ganz deutlich mit der braunen Schicht bedeckt.

Der mit der Zeit wachsende Leitungswiderstand des isolirten Eisens in Salpetersäure, so wie das negative Verhalten desselben gegen frisch eingetauchtes, lassen mit Sicherheit schliefsen, dafs auch hier sich die erwähnte Oxydschicht bilde, deren Existenz übrigens von Anderen (s. oben) schon nachgewiesen ist. — Ich fand einen Eisendraht, nachdem er längere Zeit in Salpetersäure gestanden, schwärzlich und etwas corrodirt.

Daraus, dafs die Bildung der Oxydschicht weit rascher vor sich geht, wenn das Eisen positive Elektrode ist, als wenn es isolirt in Salpetersäure steht, erklärt sich jetzt auch ohne Weiteres die Umkehrung des Stromes in der aus einem sogenannten passiven und einem gewöhnlichen Eisendrahte bestehenden Kette in Salpetersäure, welche Beetz[1]) beschrieben. Ich tauchte einen mit der braunen Oxydschicht überzogenen Draht zugleich mit einem gewöhnlichen in Salpetersäure; die erfolgende Ausweichung der Nadel um 5° erwies den oxydirten Draht als negativ; der nächste Ausschlag der Nadel nach der *entgegengesetzten* Seite betrug aber 10°, und in diesem Sinne fand auch die Einstellung der Nadel auf etwa 1° statt. Ebenso zeigt sich die Umkehrung, wenn man zwei gewöhnliche Eisendrähte *nacheinander* in concentrirte Salpetersäure taucht, jedoch mufs sich der erste Draht wenigstens schon 10 Minuten in der Säure befunden, also bereits einen gewissen Grad von

1) Poggend. Ann. Bd. 63, S. 415.

Negativität erlangt haben, ehe man den zweiten eintaucht, wenn sich die Umkehrung des Stromes zeigen soll. Beetz fand die Umkehrung, indem er zwei Eisendrähte in Säure von 1,35 spec. Gewicht tauchte, von denen der eine schon vorher in concentrirter Säure getaucht war. — In allen angeführten Fällen haben wir eine Combination aus einem oxydirten und einem gewöhnlichen Eisendrahte. Letzterer ist beim Schliefsen der Kette das positive Element, d. h. er befindet sich unter den günstigsten Verhältnissen, um rasch eine stärkere Negativität zu erlangen, als diefs dem ersteren durch die blofse Einwirkung der Salpetersäure möglich war, besonders wenn man bedenkt, dafs der Strom, welcher den einen Draht negativ macht (oxydirt), den anderen positiver machen (desoxydiren) mufs. Die Desoxydation braucht sich indessen nicht durch die *ganze* Oxydschicht zu erstrecken, schon eine Reduction ihrer Oberfläche wird hinreichen, das elektromotorische Verhalten derselben zu verändern.

Die verdünnte Salpetersäure (von 1,35 spec. Gewicht) greift unter gewöhnlichen Umständen das Eisen heftig an, läfst dasselbe aber unangegriffen, wenn es vorher in concentrirter Säure getaucht worden ist, oder wenn es +Elektrode eines galvanischen Stromes ist.

Das erste Präservativmittel besteht in nichts Anderem, als einer auch in der fraglichen verdünnten Säure unlöslichen Oxydschicht; wovon man sich leicht überzeugt, wenn man mit Drähten experimentirt, die mit Hülfe des galvanischen Stromes *sichtbar* oxydirt sind.

Das zweite Mittel führt nur unter der Bedingung zum Ziele, dafs zugleich mit dem Eintauchen des fraglichen Drahtes die Kette geschlossen wird. Es liegt also nichts näher als die Vermuthung, dafs der galvanische Strom es sey, welcher in diesem Falle das Eisen vor dem Angriffe der Säure schütze. — Aber wie?

Das Eisen wird in Salpetersäure auf zweifache Art aufgelöst 1) durch directe Oxydation in Folge der Zersetzung der Salpetersäure; 2) durch Substitution für den Wasserstoff des Salpetersäurehydrats. Die erste Art der Auflösung kann

da die Salpetersäure kein Elektrolyt ist, durch den galvanischen Strom auch nicht befördert oder gar hervorgerufen werden. Die zweite dagegen beruht auf der Zersetzung eines Elektrolyten, des Wassers nämlich. Unter gewöhnlichen Verhältnissen zeigt nur das Eisen das Bestreben, sich in der Säure von 1,35 spec. Gewicht durch directe Oxydation aufzulösen. Es fragt sich also, ob nicht das durch den galvanischen Strom hervorgerufene Bestreben, sich durch Substitution für den Wasserstoff aufzulösen, dem ersteren Bestreben hindernd entgegentrete.

Der sogenannte passive Zustand des Eisens in Salpetersäure von 1,35 spec. Gewicht würde demnach darzustellen seyn als das Resultat eines Conflictes zweier Kräfte, welche gleichzeitig auf das Metall wirken[1]). Die galvanische Kraft gewinnt nur dann das Uebergewicht über die rein chemische Verwandtschaft, wenn zugleich mit dem Eintauchen des zu passivirenden Eisens ein Strom auftreten kann, für den dasselbe + Elektrode ist. Es fragt sich nun, ob der galvanische Strom sich damit begnüge, die directe Oxydation zu verhindern, und das Eisen in Folge dessen absolut unangegriffen bleibe, oder ob bei der durch den Strom bewirkten Wasserzersetzung auch eine dieser entsprechende Oxydation des Eisens stattfinde.

Schönbein[2]) fand, dafs das Eisen als + Elektrode eines Becherapparates aus 15 Elementen in Salpetersäure von 1,35 spec. Gewicht angegriffen werde. Er vermuthet jedoch, dafs das Eisennitrat sich aufserhalb der Säure durch deren Dämpfe bilde und auf capillarem Wege in dieselbe gelange.

Um über diese Vermuthung Gewifsheit zu erlangen, befestigte ich an der aus Platin bestehenden positiven Elektrode der schon erwähnten kleinen einfachen Kette ein Stückchen Eisendraht, und tauchte dasselbe ganz in die Säure. Nach etwa $\frac{1}{2}$ Stunde war die wasserhelle Säure

1) Vergleiche Graham-Otto's Lehrbuch der Chemie, Bd. 2, zweite Abtheilung: Eisen.

2) Das Verhalten des Eisens zum Sauerstoff. Basel 1837.

von beiläufig 1,39 spec. Gewicht um die — Elektrode herum durch salpetrige Säure gelb gefärbt und zeigte beim Uebersättigen mit Ammoniak einen deutlichen Niederschlag von Eisenoxyd. Nach 20 Stunden war das Eisenstäbchen ziemlich stark corrodirt und hatte ein mattes schwärzliches Ansehen. Das Eisen ist also in der fraglichen Säure als positive Elektrode nur passiv zu nennen, wenn man unter Activität seine directe Oxydation durch Zersetzung der Säure versteht; passiv im *ursprünglichen* Sinne des Wortes ist es jedoch hier so wenig, als in der concentrirten Säure. In beiden Säuren wird vielmehr das Eisen, auch wenn es als + Elektrode fungirt, oxydirt; jedoch zeigen sich hierbei einige Verschiedenheiten.

Während nämlich bei der concentrirten Säure die Oxydation mittelst des galvanischen Stromes nur eine Fortsetzung der schon durch die Säure für sich bewirkten zu seyn scheint, mufs bei der Säure von 1,35 spec. Gewicht der Strom erst die dieser Säure eigenthümliche directe Oxydation überwinden, damit die andere stattfinden könne. In der concentrirten Säure scheint das gebildete Oxyd nur in sehr unbedeutendem Grade löslich zu seyn, während es in Säure von 1,35 spec. Gewicht nur in unmittelbarer Berührung mit dem Eisen ungelöst bleibt, wodurch jedoch das Wiedereintreten der directen Oxydation auch nach Oeffnung der Kette verhindert wird. In noch verdünnterer Säure bildet sich keine unlösliche Oxydschicht mehr, die Passivität hört in solcher Säure daher mit Oeffnung der Kette auf. — Zwischen der Säure von 1,35 und der concentrirtesten giebt es natürlich solche Verdünnungsgrade, bei denen keine Eigenthümlichkeit jener beiden Säuren eigentlich vorherrschend ist, wo es also nur eines geeigneten Impulses von der einen oder der anderen Seite her bedarf, um neben der einen auch die andere Thätigkeit zu wecken, so dafs dann beide mit einander kämpfen, d. h. in raschem Wechsel nach einander auftreten, bis wieder die eine von ihnen das Uebergewicht erlangt. Diefs sind nach meiner Ansicht die mehrfach beschriebenen und besprochenen Pul-

sationen, welche sich leicht in Säure von etwa 1,40 spec. Gew. hervorrufen lassen.

Einige Schwierigkeit hat die Erklärung, wie es möglich sey, mittelst eines passiven (oxydirten) Drahtes einen gewöhnlichen Draht in Säure von 1,35 ebenfalls passiv zu machen, ohne dafs ersterer activ wird. Weitere Versuche werden hierüber noch nähere Auskunft geben müssen, doch könnte man vermuthen, dafs nicht aller frei werdende Wasserstoff zur Reduction des Oxyds, sondern ein Theil desselben auch zur Bildung von salpetriger Säure verwendet werde, so dafs von der Oxydschicht noch genug übrig bliebe, um das Eisen vor dem Angriff der Säure zu schützen.

Ganz ebenso wie mit der Passivität eines durch den galvanischen Strom in Salpetersäure oxydirten Eisendrahtes verhält es sich auch mit der eines durch Hitze angelaufenen Drahtes. Der Anlauf besteht bekanntlich in einer Oxydschicht, welche in Salpetersäure unlöslich, und gegen Eisen negativ ist. Mit zunehmender Dicke der Oxydschicht nimmt auch der Leitungswiderstand der betreffenden Drähte in Salpetersäure fortwährend zu, und zwar so regelmäfsig, dafs ich mit Hülfe der kleinen constanten Kette die relative Dicke der verschiedenen Oxydschichten messen konnte, wie aus Nachstehendem hervorgeht. Ich erhielt nämlich bei Einschaltung

	Ausschlag.	Einstellung.
zweier Platindrähte	72°	30°
- frisch gereinigter Eisendrähte . .	66	19
- gelb angelaufener - . .	50	18
- blau - - . .	36	16 ,5
- blaugrün - - . .	20 ,5	13 ,5
- dunkelroth geglühter - . .	7	3
- hellroth - - . .	6	1 ,5

Bei möglichst genauem Verfahren würde also die Bestimmung der relativen Längen verschiedener Lichtwellen durch den galvanischen Strom nicht undenkbar seyn.

Schliefslich mufs ich noch bemerken, dafs ich Martens[1]) Angabe, nach welcher das Eisen auch durch Eintau-

1) *Nouv. Mem. de l'acad. roy. de Brux.*, *T. X.* — Pogg. Ann. Bd. 55.

tauchen in concentrirte Essigsäure und wasserfreien Alkohol passiv werden soll, nicht bestätigen kann. In den ersten Momenten, in denen wegen der adhärirenden Essigsäure u. s. w. die Salpetersäure mit dem Eisen noch nicht in Berührung kam, kann natürlich keine chemische Action stattfinden, die jedoch nach Ueberwindung der genannten Hindernisse alsbald eintritt. Taucht man den fraglichen Eisendraht tiefer in die Salpetersäure als diefs in den Alkohol oder die Essigsäure stattgefunden, so findet am oberen Theile des Drahtes schon Action statt, während der untere noch durch die adhärirende Flüssigkeitsschicht geschützt ist. Diese Erscheinung zeigt sich natürlich ebenso bei allen anderen durch die Salpetersäure oxydirbaren Metallen.

Auf das Verhalten des sogenannten passiven Eisens gegen Kupfervitriollösung, verdünnte Schwefelsäure u. s. w., so wie auch die Passivität anderer Metalle, kann ich *jetzt* nicht näher eingehen; ich werde es später thun, falls der Gegenstand dann seine Erledigung noch nicht gefunden haben sollte.

IV. *Ueber die Passivität des Eisens und einige elektromotorische Veränderungen dieses Metalles; vom Dr. Gustav Wetzlar in Hanau.*

In dem zweiten Hefte des Jahrganges 1846 der Poggendorff'schen Annalen der Physik und Chemie findet sich, S. 186, ein Aufsatz von Beetz über die Passivität des Eisens, dessen Lesung Veranlassung wurde, dafs ich diesem Gegenstande von Neuem eine Reihe von Versuchen widmete. Es sind nunmehr 20 Jahre verflossen, seitdem ich

zuerst das chemische Publicum mit der merkwürdigen Indifferenz, welche das so oxydable Eisen in einigen, ihr Oxygen leicht abgebenden Flüssigkeiten zeigt, bekannt machte [1]), einem Verhalten, das man jetzt, nebst den von Anderen später aufgefundenen Erscheinungen, unter dem Namen der Passivität dieses Metalles begreift. Gleich nach Veröffentlichung meiner Versuche im Jahre 1827 führte der Zufall Fechner ein Schriftchen von James Keir in die Hand, woraus hervorging, dafs dieser Engländer bereits 1790 die wesentlichsten der von mir aufgefundenen interessanten Thatsachen beobachtet und publicirt hatte. Zwischen Keir's und meinem Auftreten lag, wie man sieht, ein Zwischenraum von 37 Jahren, und bei der allgemeinen Vergessenheit, in welche die, den herrschenden chemischen Schulbegriffen zu ihrer Zeit in keiner Weise sich unterordnenden und deshalb *ad acta* gelegten Versuche des englischen Naturforschers gerathen waren, durfte es nicht befremden, dafs ich die Beobachtungen dieses meines Vorgängers nicht kannte. Aber auffallender mufste es allerdings erscheinen, dafs Schönbein, der 1837, also nur acht Jahre nach meiner letzten den in Rede stehenden Zustand des Eisens betreffenden Untersuchung, denselben zum Gegenstande seiner Forschung machte, meiner noch dazu in einer vielgelesenen deutschen chemischen Zeitschrift publicirten Versuche nirgends gedachte.

Von allen meinen Nachfolgern auf diesem Felde der Untersuchung bleibt indefs Schönbein das nicht zu bestreitende Verdienst, den Kreis der hierher gehörigen Phänomene durch seine Arbeiten am meisten erweitert und dem ganzen Gegenstande hierdurch ein neues und verstärktes Interesse verliehen zu haben.

Trotz Allem jedoch, was bisher über die Passivität des Eisens, wie der Metalle überhaupt, von mir, Fechner, Braconnot, Herschel, Andrews, Schönbein, Faraday u. s. w. erforscht nnd geschrieben wurde, bleibt es

1) Schweigger's Jahrbuch der Chemie und Physik, Bd. 49, S. 470; Bd. 50, S. 88 und 129; Bd. 56, S. 206.

ausgemacht, dafs wir über den Grund der Passivitätserscheinungen noch keineswegs im Reinen sind.

Beetz hat in dem erwähnten Aufsatze die bekannte Faraday'sche Erklärung durchzuführen gesucht, dafs die Ursache des unwirksamen Zustandes des Eisens in einer dasselbe bekleidenden, gegen Salpetersäure von 1,5 spec. Gewicht unangreifbaren Oxydhaut liege. Obwohl es ihm im Ganzen gelungen ist, die Anwendbarkeit dieser Hypothese (wenn auch im Wesentlichen mit keinen andern Gründen, als welche schon von L. Gmelin in der neuesten Ausgabe seines Handbuches der Chemie für ihre Wahrscheinlichkeit angeführt worden sind) auf die meisten bekannten Thatsachen von Passivität des Eisens nachzuweisen, so kann ich doch nicht bergen, dafs ich mit manchem Einzelnen in dieser Durchführung nicht übereinzustimmen vermag.

Was z. B. Beetz, S. 208, zur Erklärung der Passivität des Eisens in der Lösung des salpetersauren Silberoxyds sagt, erscheint mir ganz und gar unstatthaft. Wegen der grofsen Löslichkeit dieses Salzes (1 Theil in 1 Theil kalten Wassers) befinde sich die freiwerdende Säure in einem solchen Grade der Concentration, dafs sie das gebildete Eisenoxyd nicht zu lösen vermöge und schon selbst Passivität hervorbringen würde. Die Erklärung, die hier Beetz giebt, könnte allenfalls gelten, wenn Eisen nach den bisherigen Versuchen nur in einer Lösung von der angegebenen Concentration passiv würde. Aber, wie er wissen sollte, geschieht dieses ja auch in Lösungen von 1 Theil Silbersalz in 8—12—16 Theilen Wassers, und was die von ihm angeführte Beobachtung Fechner's betrifft, so bezieht sich diese auf Verdünnungen von viel höherm Grade. Die Unrichtigkeit einer solchen Erklärung springt noch mehr in die Augen, wenn man das Verhalten des Eisens zu Auflösungen des salpetersauren Quecksilbernitrats berücksichtigt. In diesen wird es noch passiv, selbst wenn sie, nach Schönbein, mehrere hundert Male mit Wasser verdünnt sind.

Da es hier meine Absicht nicht seyn kann, eine Kritik

des Beetz'schen Aufsatzes zu liefern, so enthalte ich mich weiterer Bemerkungen, zu welchen mir derselbe noch Veranlassung geben könnte. Ich erlaube mir nur noch anzuführen, dafs die von Bucholz zuerst bemerkte, von Beetz erwähnte und vermuthlich nicht selbst beobachtete Unwirksamkeit des Eisens in einer gesättigten Lösung des schwefelsauren Kupferoxyds von mir nie constatirt werden konnte. Mochte diese Lösung aus käuflichem oder eigens bereitetem Kupfervitriol bestehen, und aufserdem, zur Vermeidung vorschlagender Säure, mit Kupferoxyd vorgängig digerirt worden seyn: Eisen, in dieselbe gebracht, verhielt sich stets activ und überkupferte sich in aller Schnelle.

Man nimmt gewöhnlich, wie diefs auch Beetz (S. 188 a. a. O.) thut, an, dafs Eisen, in irgend einer Flüssigkeit passiv geworden, selbst nicht mit der gröfsten Vorsicht abgewischt werden könne, ohne dafs die Passivität zerstört würde. Diefs mag bei einigen Flüssigkeiten, wie z. B. concentrirter Salpetersäure, der Fall seyn, aber bei anderen findet es nicht Statt. Schon 1829 habe ich (Schweigg. Bd. 56, S. 217) gezeigt, dafs Stahldrähte die durch eine neutrale Lösung des salpetersauren Silbers empfangene chemische Indifferenz gegen salpetersaure Kupferlösung selbst durch starkes Abreiben mit Fliefspapier oder mit einem mit Pariser Roth belegten Leder, ja sogar durch behutsames Abschaben mit einem stählernen Schaber, nicht einbüfsen. Eine später von mir beobachtete Thatsache, die noch merkwürdiger erschien, habe ich gelegentlich in Oken's Isis (1830, Heft 5, S. 661) bekannt gemacht. Ich fand nämlich, dafs ein durch Silberlösung passiv gemachter Draht, mit Rostpapier abgerieben, gleich nachher und in den folgenden Stunden als der Passivität verlustig sich zeigt und daher die erwähnte Kupferlösung reducirt, nach längerem Liegen an der Luft aber, z. B. bis zum folgenden Tage, den anfänglichen Zustand von Unwirksamkeit zurückerhält und sich daher in der salpetersauren Kupferlösung von Neuem passiv erweist.

Von obigen Thatsachen war es besonders letztere, die

mir auf eine unumstöfsliche Weise die in meiner angeführten Abhandlung ausgesprochene Annahme zu beweisen schien, dafs die fragliche Unwirksamkeit des Eisens in einem *elektrodynamischen* Zustande, wie ich ihn damals nannte, begründet seyn müsse. Denn bei der Annahme einer chemischen Veränderung der Oberfläche dieses Metalles, eines auf demselben durch die Einwirkung der Flüssigkeit haftenden feinen und unsichtbaren Ueberzuges schien sie völlig unerklärlich.

Es ist nun das Hauptergebnifs meiner in letzter Zeit angestellten Versuche, zu deren Mittheilung ich jetzt übergehen will, dafs die Veränderung im elektromotorischen und dem gemäfs auch im chemischen Verhalten, welche das Eisen sowohl durch Flüssigkeiten, wie durch Abreibung, Erwärmung u. s. w. erleidet, allerdings nur durch das Zustandekommen und die Gegenwart von, wegen ihrer Feinheit oft unsichtbaren Ueberzügen bewirkt werden könne, und dafs alle jene Thatsachen, auf welche ich früher meine Ansicht von der dynamischen Natur der Passivitätserscheinungen stützte, der Statuirung solcher Ueberzüge keineswegs widersprechen. Es geht zugleich aus den nachfolgenden Versuchen hervor, dafs ich im Irrthume war, wenn ich dem Stahle eine gröfsere Coërcitivkraft für den passiven Zustand zuschrieb, als dem Eisen, da letzteres, wie man sehen wird, ihn nicht minder nach dem Abtrocknen und Abreiben hartnäckig zu behaupten vermag. Ich würde diese irrthümliche Annahme vermieden haben, wenn ich bedacht hätte, dafs die Stahldrähte, deren ich mich bei meinen früheren Versuchen bediente, zum Theil gewöhnliche dicke Stricknadeln waren, die mehrentheils nur aus polirtem Eisendrahte bestehen.

Um das elektrische Verhalten eines Metalles gegen ein anderes, und die elektromotorischen Veränderungen, welche ein solches durch Flüssigkeiten oder andere Einflüsse erleidet, zu erforschen, wendet man insgemein in der neueren Zeit das Galvanometer an, und insbesondere war dieses der Fall bei den bisherigen Untersuchungen über die Passivität.

Ich habe es vorgezogen, statt dessen mich bei meinen jetzigen Versuchen des *Bohnenbergischen condensirenden Elektroskops* zu bedienen. Dieses Instrument steht zwar an Empfindlichkeit einem Galvanometer mit astatischer Doppelnadel und vielen Windungen ungleich nach, allein es gewährt den Vorzug, dafs bei ihm nicht, wie bei Versuchen mit strömender Elektricität, das elektromotorische Vermögen der Flüssigkeit, die chemische Action, die secundären Wirkungen des Stromes, als complicirende Umstände, bei den erhaltenen Anzeigen in Betracht kommen. Ein gutes Säulenelektroskop ist zudem viel empfindlicher als Viele sich vorstellen. Man kann eine höchst schwache elektrische Differenz zweier aus dem nämlichen Metalle bestehenden Platten an demselben prüfen, wenn diese einen mehrzölligen Durchmesser besitzen und die Zahl der Uebertragungen an den Condensator nöthigenfalls auf 60 und mehr gesteigert wird. Um eine solche Menge Uebertragungen mit Leichtigkeit und in kürzester Zeit auszuführen, bringt man die beiden aufeinandergesetzten Platten, deren Contactelektricität man prüfen will, waagerecht nur einige Linien entfernt unter den Knopf des Instrumentes, dessen Condensatordeckel durch einen dicken Messingdraht mit dem Erdboden in leitender Verbindung steht, wobei die untere der zu prüfenden direct auf der linken Hand ruht, während man die obere mit der rechten an ihrer isolirenden Handhabe fafst und in schneller Aufeinanderfolge stets an den Knopf des Condensators entladet und wieder aufsetzt. Auf diese Weise kann man in einer bis anderthalb Minuten bis zu 100 Uebertragungen machen. Hat man auch eine so grofse Zahl in den meisten Fällen nicht nöthig, so ist doch gewifs, dafs man sich sehr irrt, wenn man sich, wie es mehrentheils geschieht, auf eine verhältnifsmäfsig kleine Zahl beschränkt, und überall, wo diese dem Condensator keine Ladung mittheilt, zu dem Schlusse sich berechtigt glaubt, dafs die in Contact gesetzten Metalle keine durch das Instrument nachweisbare elektrische Differenz zeigen. Nur durch die gesteigerte Menge der Uebertragungen erlangt man in letzterem Falle die nö-

thige Anhäufung der darzuthuenden schwachen Contactelektricität in dem Condensator, wobei die Schnelligkeit, mit der die Uebertragungen ausgeführt werden, neben dem Vortheile der Zeitersparnifs zugleich bewirkt, dafs von der schwachen Ladung, welche die zu prüfende isolirte Metallscheibe durch jeden Contact wie der Condensator durch jede Uebertragung empfängt, so wenig als möglich durch die absorbirende Wirkung der Luft etc. in den Zwischenräumen verloren geht. In Bezug auf täuschende und unzuverlässige Aussagen, die Manche, wie unter Anderen Parrot, dem condensirenden Goldblattelektrometer vorwerfen, bin ich mit Fechner[1]) einverstanden, dafs solche nur bei Mangelhaftigkeit des Instrumentes oder des Verfahrens vorkommen können. Bei einem fehlerfreien Instrumente, gehöriger Uebung in dessen Handhabung und sorgfältiger Wahrung aller Umstände, die bei dieser Art von Versuchen in Betracht kommen, steht die Zuverlässigkeit der Aussagen hinter denen des Galvanometers in keiner Weise zurück. Diefs gilt besonders, wenn man die Richtigkeit der erhaltenen Resultate durch genügende Wiederholung der Versuche controlirt und vor jeder Versuchsreihe sich von der erforderlichen Empfindlichkeit des Elektroskops, die bei feuchter Luft sehr verringert wird, eben so wohl wie von der Abwesenheit des störenden Einflusses der Elektricität der Atmosphäre und des eigenen Körpers überzeugt. Was letztere betrifft, so gewahrt man ihre Anwesenheit dadurch, dafs der Condensator von selbst oder nach Berührung seines Knopfes mit dem Finger eine Ladung erhält, die zuweilen so stark ist, dafs bei dem Aufheben der oberen, mit dem Boden in Verbindung stehenden Platte das Goldblatt im Nu und mit Macht an die Glaswand des Instrumentes geschleudert wird und an derselben hängen bleibt. Während dieser, zuweilen nur einige Stunden sich bemerklich machenden Dauer der eigenen oder atmosphärischen Elektricität kann man begreiflich eben so wenig experimentiren, wie bei mit Wasserdunst beladener Atmosphäre.

1) Poggend. Ann. Bd. 41, S. 225.

Zu den nachfolgenden Versuchen bediente ich mich Scheiben von Stabeisen und Stahl, die bei einer Dicke von einigen Linien $2\frac{1}{2}$—$2\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser besafsen und mit ihren in Berührung zu setzenden, gut abgeschliffenen Flächen vollkommen auf einander pafsten. Die der Berührungsoberfläche entgegengesetzte Seite besafs in der Mitte ein Gewinde zum Einschrauben eines isolirenden Handgriffes.

Erste Versuchsreihe.

Wenn man von zweien solcher blanken und metallisch glänzenden Eisen- oder Stahlscheiben, die nach einem vorläufigen Versuche am Condensator sich vollkommen homogen verhalten, die eine mit Rost- oder Smirgelpapier abreibt, so verhält sich diese bei sofortiger Prüfung *positiv* gegen die andere nicht abgeriebene. Ist durch diese Art von Ueberfeilung die ganze Berührungsoberfläche der ersteren betroffen und gleichsam erneuert worden, so ist die abgeriebene Scheibe in dem Grade elektromotorisch mit der andern, dafs schon 8 oder 10 Contacte und Uebertragungen an die Collektivplatte des Condensators hinreichen, diesem eine vollständige Ladung zu ertheilen, und, je nachdem man die eine oder die andere Scheibe isolirt an den Knopf des Elektroskops entlud, einen lebhaften positiven oder negativen Ausschlag des Goldblättchens zu bewirken. Wiederholt man den Versuch ohne neue Abreibung von Zeit zu Zeit, so findet man, dafs immer mehr Uebertragungen nöthig werden, um einen solchen Ausschlag hervorzubringen, dafs mithin die abgeriebene Scheibe ihre elektromotorische Kraft allmälig wieder einbüfst. Am folgenden Tage oder schon früher verhalten sich beide, wie vor der Abreibung, vollkommen homogen.

Reibt man, ehe diese Homogenität zurückgekehrt ist, die negative Scheibe auf obige Weise ab, so verhält sich nun diese als positive, aber es bedarf einer gröfseren Anzahl von Uebertragungen, um dem Condensator eine vollständige Ladung, nämlich bis zum Anschlagen des Goldblättchens, zu ertheilen. Wie oft man auch mit dem Abreiben der

Scheiben wechseln mag, stets verhält sich die zuletzt abgeriebene Platte positiv gegen die andere, und beträgt das Zeitintervall zwischen dem Abreiben der Scheiben nur wenige Minuten, so bilden dieselben noch immer einen, freilich höchst schwachen Elektromotor. Nur wenn die eine unmittelbar und ohne Verzug nach der anderen mit gleicher Stärke abgerieben wird, läfst sich durch die gröfste Anzahl von Uebertragungen keine Contactelektricität zwischen ihnen nachweisen.

Aus diesen Versuchen läfst sich wohl kein anderer Schlufs ziehen, als dafs das anscheinend blankste Eisen von einem nicht bemerkbaren Ueberzuge einer Substanz bedeckt ist, die es gegen Eisen mit *vollkommen frischer* Oberfläche elektronegativ sich verhalten läfst. Die Bildung dieses Ueberzuges beginnt sogleich auf der frischen, rein metallischen Oberfläche und erreicht nach einer gewissen, nicht sehr langen Zeit ihre Gränze. Schon Faraday nimmt in seinen polemischen Versuchen gegen die Volta'sche Contacttheorie zur Erklärung des Stromes einer Kette aus Platin und Eisen in concentrirter Schwefelkaliumlösung an, dafs sich das auf das sorgfältigste rein gescheuerte Eisen sofort an der Luft, auch bei gewöhnlicher Temperatur, mit einer unsichtbaren Oxydschicht überziehe. Da indefs jenes Oxydhäutchen, womit sich Eisen beim Erhitzen bekleidet, die Stelle dieses Metalles in der elektrischen Reihenfolge, wie wir sehen werden, wesentlich verändert, so bin ich nicht geneigt, den Ueberzug, von dem hier die Rede ist, für Eisenoxyd zu halten, sondern für jene Substanz, die sich nach Fizeau auf der Oberfläche polirter und metallischer Körper aus der Atmosphäre in einer sehr dünnen, sinnlich nicht wahrnehmbaren Schicht absetzt, und welche nach ihm an der Entstehung der bekannten Moser'schen Lichtbilder den Hauptantheil trägt.

Zweite Versuchsreihe.

Befeuchtet man die Berührungsoberfläche einer blanken *Stahlscheibe* mit destillirtem Wasser und führt dieses 1—2

Minuten mit reinem Fliefspapier reibend auf derselben herum, so verhält sich diese Scheibe nach dem Abtrocknen *negativ* gegen eine zweite, mit ihr homogen gewesene. Merkwürdig ist es, dafs diese elektromotorische Veränderung nicht gleich nach der erwähnten Behandlung mit Wasser ihre gröfste Stärke zeigt, sondern ihr Maximum erst in einiger Zeit erreicht. Wenn daher z. B. im ersten Augenblicke 20 Uebertragungen nöthig befunden werden, um die Negativität der sorgfältig abgetrockneten Scheibe am Condensator nachzuweisen, so genügt nach einer halben oder ganzen Stunde eine weit geringere Zahl, z. B. fünf. Am folgenden Tage ist wieder hierzu eine etwas gröfsere Zahl von Uebertragungen erforderlich, ein Beweis, dafs die Veränderung der Stahlfläche im weiteren Verlaufe der Zeit eine Abnahme erfährt. Ein erneuertes Reiben mit Wasser erhöht die etwas geschwundene Negativität, aber ein drittes und viertes, in kurzen Zwischenräumen wiederholtes, übt auf die Stahlscheibe keinen weiteren Einflufs aus.

Eine frisch überfeilte *Eisenscheibe* wird durch kurzes Reiben mit Wasser ebenfalls *negativ*, aber diese Negativität tritt gleich nach dem Abtrocknen in ihrer vollen Stärke auf, und auch darin zeigt sich ein unterschiedenes Verhalten von dem Stahl, dafs jede zweite und fernere Einwirkung des Wassers die Eisenfläche in der Weise modificirt, dafs sie gegen unverändertes Eisen *positiv* erscheint.

Eine Eisenscheibe, die einige Minuten oder selbst eine ganze Stunde unter destillirtes Wasser gelegt wird, zeigt nach dem Herausnehmen und Abtrocknen, trotz des gebildeten, leicht abwischbaren Oxydhydrats, keine Veränderung ihres elektromotorischen Vermögens, und erscheint nur in dem Falle mehr oder weniger positiv gegen gewöhnliches Eisen, wenn bei dem Abtrocknen mit Fliefspapier einige Reibung stattfindet.

Dafs das Eisen indefs durch den blofsen Contact mit Wasser, auch ohne Reibung, die vermuthlich blofs die Einwirkung erhöht, eine elektromotorische Veränderung erleidet, für deren Wahrnehmung aber der Condensator zu wenig

empfindlich seyn möchte, geht aus Schröders Versuchen[1]) über elektrische Ströme durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Metalle hervor, die mittelst eines äufserst empfindlichen Galvanometers angestellt wurden, und im Ganzen ein dem meinigen gleichlaufendes Resultat gewährten. Ein Eisendraht erhält nach Schröder durch Benetzen oder bloſses Eintauchen in destillirtes Wasser augenblicklich eine *negative* Veränderung, die er der Bildung eines schlecht leitenden Ueberzugs zuschreibt. Dieser, dem Abtrocknen und kräftigsten Abwischen, wie er bemerkte, widerstehende Ueberzug verschwindet nach ihm mit dem alsobaldigen Eintritte der chemischen Action, und ein in letzterer begriffener Eisendraht erscheint alsdann *positiv* gegen einen später eingetauchten.

Ueber die Natur dieses Ueberzugs und in wie fern er sich aus ganz reinem Wasser ohne chemische Action bilden könne, äufsert sich Schröder nicht. Auch ich vermag darüber keine Meinung zu äufsern. Jedenfalls ist er beträchtlich elektronegativer, als der in der ersten Versuchsreihe besprochene, wie das Verhalten einer mit Wasser geriebenen Stahlscheibe gegen eine andere an der Luft gelegene darthut.

Dritte Versuchsreihe.

Wird eine Eisenscheibe über der Weingeistlampe bis zum unmerklichen oder sichtbaren und stärkeren *Anlaufen* erhitzt, so nimmt sie, nach dem Erkalten geprüft, eine sehr tiefe Stelle in der elektrischen Reihenfolge ein. Sie ist gegen eine gewöhnliche Eisenscheibe, zumal von frischer Oberfläche, so *höchst negativ*, dafs zuweilen schon drei Uebertragungen hinreichend waren, ihr negatives Verhalten durch lebhaftes Anschlagen des Goldblättchens nachzuweisen, ja, dafs sie selbst unmittelbar das Goldblatt in Bewegung bringt, wenn die isolirt von der andern abgehobene Scheibe den Knopf des Instruments berührt. Sie verhält sich aber auch mehr oder weniger *stark negativ* gegen

1) Poggend. Bd 54, S. 74 und 79.

Kupfer, *Silber* und *Gold*. Gegen Platin konnte ich ihr Verhalten aus Mangel einer Platinscheibe nicht ermitteln, halte es indefs für wahrscheinlich, dafs sie auch mit Platin sich negativ zeigen werde.

Eine solche angelaufene Eisenscheibe zeigt noch nach vielen Tagen das nämliche Verhalten, nur bedarf es einer gröfseren Zahl von Uebertragungen, um ihre Negativität, besonders gegen die letzterwähnten Metalle, nachzuweisen. Durch erneuertes kurzes Erhitzen rückt sie indefs wieder in ihre ursprüngliche Stelle ein.

Wird eine angelaufene, so eben erkaltete Scheibe nur einige Augenblicke auf ihrer Berührungsfläche mit destillirtem Wasser benetzt und mit Fliefspapier trocken gerieben, so verändert sich auf der Stelle ihr elektromotorisches Verhältnifs. Wiederholt man dieses Reiben mit Wasser oder fand es gleich aufänglich länger und genügend statt, so verhält sich die Scheibe sogar (trotzdem dafs sie von einer relativ dicken Schicht von Eisenoxyd, die bei ihrem festen Haften durch jene Behandlung auch nicht im Geringsten entfernt wird, dunkel angelaufen erscheint) *positiv* nicht allein gegen die erwähnten negativen Metalle, sondern auch gegen eine gewöhnliche blanke Eisenscheibe. Dieses Verhalten ist höchst merkwürdig und es erscheint unerklärlich, welche Veränderung der so elektronegative Ueberzug von Eisenoxyd hierbei erleidet, um mit Eisen selbst positiv werden zu können. Diese räthselhafte Veränderung ist indefs in einer gewissen Zeit vorübergehend, und es treten hierdurch am Condensator Erscheinungen ein, die mit den am Multiplicator beobachteten Polaritätsumkehrungen galvanischer Ketten grofse Aehnlichkeit haben. Gesetzt z. B. es hätte die angelaufene Scheibe *vor* der Behandlung mit Wasser durch 5 Uebertragungen nach jedesmaliger Berührung mit einer gewöhnlichen Eisenscheibe, das Goldblatt mit *negativer* Elektricität zum Anschlagen gebracht, so werden *nach* der erwähnten Behandlung, z. B. 25 Uebertragungen nunmehr einen *positiven* Anschlag bewirken, eine Viertelstunde später werden zu letzterem schon 40 Uebertragungen

erforderlich, nach einer abermaligen Viertelstunde tritt selbst nach 50 — 60 keine Bewegung des Goldblattes mehr ein und jede elektrische Differenz erscheint verschwunden, aber nach weiterem Verlaufe einiger Zeit bewegt sich nach der letztgenannten Zahl von Uebertragungen das Goldblatt von Neuem und zwar wieder mit *negativer* Elektricität, und wiederholt man die Prüfung in Zwischenräumen, so zeigen sich immer wenigere nöthig, so dafs endlich nach einem Zeitraume von z. B. 12 Stunden 10 Uebertragungen bereits wieder genügen, einen *negativen* Ausschlag hervorzubringen. Bei letzterer Zahl verbleibt es schon deshalb in weiterer Zeit, da die angelaufene Scheibe, wie ich oben erwähnte, auch ohne mit Wasser gerieben zu werden, mit der Zeit an der anfänglichen Stärke ihrer Negativität von selbst verliert.

Reibt man eine angelaufene Scheibe schwächer oder stärker mit Rostpapier, so dafs mehr oder weniger Theilchen der sie bedeckenden Oxydhaut hinweggenommen werden und Stellen der reinen Eisenoberfläche zum Vorschein kommen, so zeigt sie am Condensator ein ganz ähnliches Verhalten, wie das eben beschriebene nach dem Reiben mit Wasser. Da es jedoch mit dem in der vierten Versuchsreihe zu besprechenden in jeder Beziehung übereinstimmt, so enthalte ich mich hier, in die Einzelnheiten desselben einzugehen.

Vierte Versuchsreihe.

Eine Eisen- oder Stahlscheibe, die unter eine neutrale Auflösung von 1 Th. salpetersauren Silbers in 8 — 12 Th. Wassers gelegt wird, verhält sich nie so vollkommen unwirksam oder passiv, dafs nicht an einzelnen Stellen eine schwache Reduction zu Stande kommt. Nichts desto weniger verhält sich eine solche Scheibe, wenn man sie nach 5 Minuten oder nach etwas längerer Zeit herausnimmt und abtrocknet, wobei die hier und da an ihrer Oberfläche befindlichen gefällten glänzenden Silberblättchen sich leicht abwischen lassen, in so hohem Grade *negativ* gegen eine

gewöhnliche Eisenscheibe, dafs 2—3 Uebertragungen meistens hinreichen, den Condensator vollständig zu laden, und dafs sie, auch ohne Anwendung des letzteren, isolirt von der andern abgehoben, einen schwachen negativen Ausschlag zu bewirken vermag. Mit *Kupfer*, *Silber* und *Gold* verhält sie sich ebenfalls bedeutend *negativ* und nur mit einer angelaufenen Eisenscheibe nimmt sie *positive* Elektricität an. Ihr negatives Verhalten mit den genannten Metallen zeigt sich nach Verlauf vieler Tage nur sehr wenig geschwächt.

Eine *Stahlscheibe*, in Silberlösung passiv geworden, verliert durch Reiben mit Wasser nichts von ihrer Negativität, vielleicht weil Stahl an und für sich, wie ich anführte, durch Reiben mit Wasser nie anders als negativ wird. Passiver Stahldraht zeigte sich daher noch unwirksam in salpetersaurer Kupferlösung, selbst nachdem er vorher über eine Viertelstunde in destillirtes Wasser getaucht worden war[1]).

Anders zeigt sich das Verhalten einer passiven *Eisenscheibe* und stimmt mit dem oben bei dem angelaufenen Eisen beschriebenen überein. Sie nimmt sogleich nach dem Reiben mit Wasser eine höhere Stelle in der Spannungsreihe ein und sinkt dann, je nach der Stärke der erlittenen Einwirkung, in mehr oder weniger Stunden zu ihrer früheren tiefen Stelle herab.

Leichter und schneller läfst sich eine Veränderung und völlige Umkehrung des elektromotorischen Zustandes einer durch Silberlösung negativ gemachten Eisen- und Stahlscheibe bewirken, wenn man sie schwächer oder stärker mit Rostpapier reibt. Hatte das Abreiben die zureichende Stärke, so läfst sich schon durch 10—20 Uebertragungen

1) Der Widerspruch, in dem diese Angabe mit meiner früheren (siehe Schweigger, Bd. 56, S. 214), dafs nämlich unwirksam gemachter Stahl durch blofs eine halbe Minute dauerndes Eintauchen in destillirtes Wasser seine Wirksamkeit wieder erhalte, steht, findet vielleicht seine Lösung darin, dafs ich mich zu meinen frühern Versuchen einer *sauren* salpetersauren Silberlösung bediente. Das Verhalten der einzelnen Drähte ist überhaupt ein verschiedenes, und manche der zu den Experimenten verwandten Stricknadeln mochten wohl, wie ich schon erwähnte, aus Eisen bestehen.

nachweisen, dafs sie nun gegen eine gewöhnliche Eisenscheibe *positiv* sich verhält, und wiederholt man die Prüfung von Zeit zu Zeit, so zeigen sich immer mehr Uebertragungen zu dieser Nachweisung nöthig; es erscheint ein Zeitpunkt, wo ihr elektromotorisches Vermögen mit der anderen ganz Null ist, und bald darauf zeigt sich wieder ein *negativer* Ausschlag, der im weiteren Verlaufe der Zeit bei immer wenigeren Uebertragungen entsteht.

Findet ein minder starkes Abreihen statt, so wird das elektrische Verhalten der Scheibe nicht umgekehrt. Sie bleibt, obwohl in verringertem Maafse, *negativ* gegen gewöhnliches Eisen und erscheint blofs *positiv* gegen die übrigen negativen Metalle. Nach einer oder mehreren Stunden erreicht sie dann fast ganz ihre anfängliche Negativität.

Um die Ursache dieses ganzen Verhaltens zu veranschaulichen, liefs ich von zwei homogenen Stahlscheiben die eine galvanisch vergolden. Man konnte nun mit drei oder vier Uebertragungen darthun, dafs die vergoldete negativ mit der andern wurde, und rieb ich hierauf wiederholt Gold von ihrer Oberfläche ab, so wurde eine immer gröfsere Zahl von Uebertragungen zu dem negativen Ausschlage erforderlich. Waren fast alle Goldtheilchen abgerieben und erschien die entblöfste Stahlfläche nur noch, von der Seite betrachtet, gelblich schimmernd, so stellte sich, wie oben, ein positiver Ausschlag ein, der nach einiger Zeit in einen negativen umschlug u. s. w.

Nimmt man nun an, dafs die Eisen- oder Stahlscheibe in der Silberlösung einen, nur nicht wie bei der Vergoldung sichtbaren, sondern wegen seiner höchst dünnen und farblosen Beschaffenheit dem Auge unbemerkbaren, elektronegativen Ueberzug von Eisenoxyd erhält, so liegt die Erklärung des in Rede stehenden Verhaltens nahe. Wird nämlich der Ueberzug stellenweise abgerieben, so tritt frische Eisenoberfläche hervor, welche, der ersten Versuchsreihe zufolge, sich stets positiv verhält gegen eine andere, weniger frische. Da indefs zwei Flächen solcher Art stets nach einiger Zeit durch die Bildung des an der Atmosphäre entstehen-

den Ueberzugs homogen werden, so erhält wieder diejenige, an welcher noch dem Abreiben entgangene Theilchen des Ueberzugs haften, das Uebergewicht und erscheint nach Maafsgabe der Menge dieser nicht sichtbaren Reste von Neuem negativ gegen die andere.

Es erklärt sich nun auch jener auffallende Versuch, welcher mich hauptsächlich bestimmte, den passiven Zustand des Eisens als ein dynamisches Phänomen zu betrachten. Wenn ein durch Silberlösung passiv gemachter Eisendraht durch einige starke Striche mit Rostpapier seine Unwirksamkeit in salpetersaurer Kupferlösung verliert, und durch Liegen an der Luft sie wieder erlangt, so sind es begreiflich die dem Abreiben entgangenen, an dem Drahte zurückbleibenden Reste des unsichtbaren Ueberzugs, die den Grund des frappirenden Versuches abgeben. Die entblöfste ganz frische Oberfläche vermag nämlich nicht durch die an anderen Stellen noch haftende elektronegative Hülle in den passiven Zustand zu treten, sondern sie bildet im Gegentheile mit derselben eine kräftige galvanische Kette, welche sofort bei dem Eintauchen Reduction und Fällung des Kupfers bewirkt. Hat hingegen die in Folge des Abreibens zum Vorschein gekommene Eisenoberfläche durch die Einwirkung der Luft an ihrer Elektropassivität verloren, so vermögen jene Reste der noch haftenden Hülle sie selbst in den unwirksamen Zustand zu versetzen, gerade so, wie ein gewöhnlicher Eisendraht nach vorgängigem nur einige Linien tiefem Eintauchen in Silberlösung sich nicht überkupfert, wenn er auch viele Zoll tief in die salpetersaure Kupferlösung gebracht wird. Man mufs hierbei noch folgende Umstände im Auge behalten. Die genannte Kupferlösung wird, wenn sie concentrirt und neutral ist, überhaupt nicht durch Eisen gefällt. Reagirt sie dagegen säuerlich, so findet man, dafs ein gewöhnlicher Eisendraht auch dann noch mehrentheils in derselben keine Fällung zeigt, aber letztere sogleich bewirkt, wenn er unmittelbar vor dem Eintauchen mit Rostpapier abgerieben worden war. Der elektronegative Ueberzug, welchen das anscheinend noch so blan-

so blanke und reine Eisen an der Luft erhält, ändert also, wie man sieht, an und für sich schon das chemische Verhalten dieses Metalles ab. Dieser sowohl, wie auch der viel elektronegativere, durch die Silberlösung entstehende, scheint so fest zu haften, dafs er durch Reiben mit weichen Körpern, wie Papier, oder selbst durch nicht zu derbes Reiben mit harten, aber in die feinste Pulverform gebrachten Materien, wie Pariser Roth, in vielen Fällen nicht entfernt werden kann, und es erklärt sich hieraus, warum ein in Silberlösung gelegener Draht nur nach dem Reiben mit Rostpapier vorübergehend seine Passivität einbüfst. Wenn er letztere indefs bei meinen früheren Versuchen auch nach dem Abschaben behauptete, so mufs allerdings diese, mit dem eben Angeführten im Widerspruch stehende Angabe auf einem Irrthume beruhen, und ich mufs annehmen, dafs ich entweder den zu den Versuchen angewandten Draht nach dem erwähnten Abschaben zu lange der Luft ausgesetzt liefs, oder dafs die damals angewandte salpetersaure Kupferlösung keine hinlängliche freie Säure besafs. Die Schwierigkeit, das richtige Maafs der freien Säure bei genannter Lösung zu treffen, ist es besonders, die bei diesen Versuchen leicht zu irrigen Schlüssen verleitet. Ist nämlich der freien Säure zu wenig vorhanden, so läfst dieser und jener Draht die Kupferlösung unzersetzt, und erscheint daher fälschlich als ein solcher, der die empfangene Passivität ungeschwächt erhalten hat, und ist zu viel freie Säure zugegen, so werden selbst die wirklichen passiven Drähte so schnell überkupfert, dafs sie leicht als des passiven Zustandes schon vor dem Eintauchen verlustig gewordene erscheinen.

V. *Ueber die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes der Metalle von der Temperatur; von J. Müller in Halle.*

Zu den Zeichen des innigen Zusammenhangs zwischen Wärme und Elektricität rechnet man mit Recht den Einfluſs der Temperatur auf den elektrischen Leitungswiderstand. Die genauesten Messungen dieses Einflusses in Bezug auf Drähte hat Lenz in Poggendorff's Annalen, Bd. 34 und 45, gegeben. Derselbe hat bekanntlich aus seinen Messungen empirische Formeln berechnet, und zwar für jedes Metall eine andere. Der Leitungswiderstand nimmt nämlich für ein Metall bei derselben Temperaturerhöhung schneller zu als für ein anderes. Und wenn wir ihn als eine Function der Temperatur darstellen wollen, so ist die Natur der Function bei den verschiedenen Metallen eine verschiedene. Daraus folgt, daſs der Leitungswiderstand nicht unmittelbar und allein von der Temperatur, sondern *auch* von einer andern — oder *allein* von einer andern Veränderlichen abhängt. — Mit der Temperatur zugleich, aber nicht proportional derselben, ändern sich nämlich noch mehrere andere Eigenschaften der Metalle; und es ist von vorne herein nicht einzusehen, warum der Leitungswiderstand nicht eben so gut von einer dieser Gröſsen abhängen soll als von der Temperatur.

Diese mit der Temperatur veränderlichen Gröſsen sind: die Cohäsion, das Volumen, die specifische Wärme. — Es entsteht nun die Frage: woran wir erkennen können, ob der Leitungswiderstand vielleicht eine unmittelbare Function von irgend einer dieser Veränderlichen sey? — Dieselben verändern sich bei den verschiedenen Metallen mit verschiedener Geschwindigkeit. Dasselbe gilt vom Leitungswiderstand. Ist dieser nun eine Function von irgend einer jener Gröſsen, so wird bei zunehmender Temperatur die Geschwindigkeit seines Wachsens bei den verschiede-

nen Metallen im Verhältnifs stehen zu der Geschwindigkeit des Wachsens jener Gröfse, von der der Leitungswiderstand abhängt; und bei dem Metall, wo jene Gröfse schneller wächst als bei einem andern, wird auch der Leitungswiderstand schneller wachsen.

Hierin haben wir ein brauchbares Kennzeichen. In Bezug auf die Cohäsion läfst es sich aber nicht anwenden, weil wir nichts darüber wissen, in welcher Weise dieselbe bei Erhöhung der Temperatur abnimmt. Wir können also nur das Zunehmen des Volumens, der specifischen Wärme und des Leitungswiderstandes bei Erhöhung der Temperatur vergleichen.

Ueber das Zunehmen des Volumens haben wir ausreichende Versuche von verschiedenen Experimentatoren. Ich habe die Vergleichung mit dem Leitungswiderstande ausgeführt; es wäre unnütz die berechneten Zahlen hieherzuschreiben, denn es findet gar kein Zusammenhang statt. Wir wollen nun die specifische Wärme mit dem Leitungswiderstande vergleichen.

In Bezug auf das Zunehmen der specifischen Wärme sind nur die Versuche von Dulong und Petit über mehrere Metalle ausgedehnt. An diese müssen wir uns daher halten, obgleich sie manches zu wünschen übrig lassen. Die schwierigen Umstände, mit denen diese Experimente verknüpft sind, haben mich bisher gehindert die Beobachtungen des Wachsens der specifischen Wärme weiter auszudehnen, wie diefs zur genaueren Ergründung dieses Verhältnisses nöthig ist.

In Bezug auf das Wachsen des Leitungswiderstandes will ich mich vorzüglich an die von Lenz gegebenen empirischen Formeln halten, zu deren Bestätigung ich eine Versuchsreihe mit dem Eisendrahte gemacht habe. Beim Quecksilber und Zink, von denen die specifische Wärme zwar durch Dulong und Petit, aber der Leitungswiderstand nicht durch Lenz untersucht ist, halte ich mich in Bezug auf diesen letzteren an meine eigenen Versuche.

Lenz hat sich zur Messung des Leitungswiderstandes

eines elektromagnetischen Stromes bedient, dessen elektromotorische Kraft er bei jedem Versuche gleich annahm, da der Anker immer mit derselben Geschwindigkeit abgerissen wurde. Aus der beobachteten Menge der durchgehenden Elektricität bei verschiedenen Einschaltungen leitete er dann den Widerstand der Einschaltungen ab. Gegen diefs Verfahren könnte man den Einwurf erheben, die Fehler, die aus der unvermeidlichen Ungleichmäfsigkeit im Abreifsen des Ankers entspringen, seyen zu bedeutend; ferner liefse sich der Ausschlagswinkel nicht mit Genauigkeit ablesen. Indefs hat Lenz diese Fehler möglichst vermieden, und eine so bedeutende Anzahl von Versuchen gemacht, dafs seine Formeln doch einen bedeutenden Grad von Genauigkeit erreichen konnten.

Ich habe mich bei meinen Versuchen des von Hankel in Poggendorff's Annalen, Bd. 69, angegebenen Differentialgalvanometers bedient, das nach meiner Meinung das beste Instrument ist zu allen Bestimmungen des Leitungswiderstandes. Die Empfindlichkeit war bei meiner Anordnung so grofs, dafs ein Unterschied im Leitungswiderstande der beiden Arme, der durch ein Stückchen Kupferdraht von gleicher Länge als Dicke hervorgebracht wurde, sehr bemerklich war, obgleich ich als Elektromotor nur ein schwaches Daniell'sches Element anwandte. Die grofsen, über die Scale hinausgehenden Schwankungen, welche durch Veränderungen der Lufttemperatur und den ungleichartigen Einflufs derselben auf die Zuleitungsdrähte entstanden, wurden aufgewogen durch ein etwa Zoll langes, in den einen Arm eingeschaltetes, Stückchen Eisendraht, dessen Länge durch eine Schraube verändert werden konnte. Die Ungenauigkeit im Messen der Temperaturen liefs sich dagegen nicht ganz wegschaffen, obgleich ich alle Vorsichtsmafsregeln anwandte. Den zu messenden Draht wickelte ich in mehrfachen Lagen auf eine hölzerne Spule, so dafs er dieselbe nur mit jeder Windung in vier Punkten berührte, dafs keine Windung einer andern eine Linie nahe kam, und dafs das Oel, in welches ich die Spule hineinstellte, frei

zwischen den Windungen des Drahtes hindurchfliefsen konnte. Die Temperatur des Oels mafs ich mit einem in der Axe der Spule stehenden Thermometer. Vor jeder Ablesung an demselben wurde das Oel stark mit einer Krücke umgerührt. Um die Beobachtungsfehler noch mehr zu eliminiren, machte ich die Annahme (was man gewifs ohne merklichen Fehler thun kann), dafs innerhalb weniger (5 bis 10) Grade sich der Leitungswiderstand proportional der Temperatur ändere, und nahm aus den Beobachtungen in diesem Zwischenraum das arithmetische Mittel.

Zum Messen des Widerstandes bediente ich mich eines Eisendrahts auf ganz ähnliche Weise wie Hankel. Da der Draht seine Temperatur mit der der Luft während der Versuche änderte, so wurde die Temperatur der umgebenden Luft an zwei Thermometern abgelesen, und nachher die gehörige Correction angebracht.

Das Maafs (eine Linie des Eisendrahts bei 20° C.), in dem ich den Widerstand ausdrücke, ist also ganz willkührlich.

Für den Eisendraht erhielt ich folgende Resultate, die ich dem Leitungswiderstande gegenüberstelle, wie er nach Lenz's Formel aus der ersten Beobachtung bei 24°,62 berechnet ist.

Temperatur Celsius.	Beobachteter Widerstand.	Berechneter Widerstand.	Differenz.
24,62	3270,7	3270,7	0
34,94	3415,3	3395,62	+20,32
46,03	3579,1	3545,55	+33,55
53,00	3674,2	3643,75	+30,45
65,39	3865,0	3826,05	+38,95
79,05	4074,5	4038,80	+35,70
86,40	4211,7	4158,46	+53,24
93,93	4352,2	4284,90	+67,30
103,19	4513,0	4445,7	+67,30
114,77	4708,5	4655,13	+53,37
127,35	4943,5	4892,84	+50,66
135,60	5112,0	5065,87	+46,13
144,98	5292,3	5242,36	+49,94
158,05	5545,0	5514,80	+30,20

Mittel aus etwa sechs Beobachtungen.

Aus dieser Reihe ersieht man erstens, daſs meine Versuche recht gut mit der Lenz'schen Formel übereinstimmen, denn die gröſste Differenz beträgt bei weitem noch nicht 0,02 vom Leitungswiderstande. Ferner sieht man aus der Zeichengleichheit und dem allmäligen Wachsen und Abnehmen der Differenz, daſs dieselbe auch nicht auf Beobachtungsfehlern beruht, sondern daſs das Eisen in meinen Versuchen einem etwas anderen Gesetz gefolgt ist als bei Lenz, was sich wohl dadurch erklären läſst, daſs wir verschiedene Sorten Eisendraht benutzt haben mögen. Zur Ergänzung der Lenz'schen Versuche theile ich hier Messungen des Leitungswiderstandes eines Zinkdrahtes und eines Quecksilberfadens mit. Neben den beobachteten Widerstand habe ich die für den Widerstand unter der Voraussetzung, daſs derselbe zwischen 23° und 150° mit der Temperatur proportional zunehme, aus der ersten und letzten Beobachtung berechneten Zahlen gestellt.

Temperatur des Zinkdrahts. C.	Beobachteter Widerstand.	Unter der angegebenen Voraussetzung berechneter Widerstand.	Differenz.
23,8	511	511	0
36,0	534	533	−1
46,9	551	553	+2
53,4	558	565	+7
63,6	575	583	+8
73,6	596	601	+5
83,8	613	619	+6
94,6	632	639	+7
104,3	650	657	+7
114,2	669	675	+6
126,8	693	698	+5
136,2	713	715	+2
143,9	731	728	−3
150,9	741	741	0

Mittel aus etwa fünf Beobachtungen.

Aus der Differenz sieht man, daſs die Zunahme des Leitungswiderstandes beim Zink in diesen Gränzen dem Temperaturunterschiede fast ganz proportional ist; denn die gröſste Differenz beträgt noch nicht 0,015 des Leitungswiderstandes. Jedoch ist eine kleine Abweichung von der

Proportionalität durch das Zunehmen der Differenz nach der Mitte zu bestimmt angedeutet.

Um den Leitungswiderstand des Quecksilbers zu untersuchen, wurde eine 30″ lange Thermometerröhre an 7, je 3½ Zoll von einander und von den Enden entfernten, Stellen um 180° gebogen, so dafs die einzelnen Stücke einander parallel und ½ Zoll von einander entfernt waren, und überdiefs in der Peripherie eines etwa 1½ Zoll im Durchmesser haltenden Cylinders lagen. An den Enden der Thermometerröhre waren kurze, weite Glasröhren angeschmolzen, die zur Aufnahme des Quecksilbers und zur Herstellung der leitenden Verbindung dienten. Der ganze Apparat wurde mit Quecksilber sorgfältig gefüllt in ein Gefäfs mit Oel gestellt, und in die Axe des Cylinders kam ein Thermometer, das die Temperatur des Oels angab. Natürlich wurde dieselbe, bevor sie abgelesen wurde, eine Zeit lang möglichst constant erhalten. Folgendes waren die Resultate.

Mittel aus fünf Beobachtungen.

Temperatur des Quecksilbers. Celsius.	Beobachteter Widerstand.	Unter angegebenen Voraussetzungen berechneter Widerstand.	Differenz.
18,6	442	442,0	0
27,2	447	446,4	—0,6
35,0	448	450,0	+2,0
45,7	452	455,6	+3,6
54,4	457	460,3	+3,3
67,5	460	467,0	+7,0
76,5	466	471,6	+5,6
86,9	469	476,9	+7,9
99,1	476	483,1	+7,1
108,3	481	487,9	+6,9
117,8	488	492,8	+4,8
128,0	493	498,1	+5,1
135,3	499	501,8	+2,8
142,2	505	505,3	+0,3
151,4	510	510,0	0

Man sieht, hier ist die Abweichung der Curve von der geraden Linie schon bedeutender; doch beträgt in diesen

Gränzen die gröfste Differenz noch nicht 0,02 des Leitungswiderstandes. — Aus diesen Versuchen kann man den Leitungswiderstand des Zinks und des Quecksilbers für jede Temperatur zwischen 20° und 150° durch Interpolation berechnen.

Dulong und Petit haben nun, um die Zunahme der specifischen Wärme mit der Temperatur zu zeigen, bei mehreren Metallen die mittlere Capacität erstens zwischen 0° und 100°, und dann zwischen 0° und 300° beobachtet. Diese Zahlen können wir noch nicht unmittelbar gebrauchen. Wir müssen die Annahme machen, dafs sich die Capacität zwischen 0° und 300° proportional mit der Temperatur ändere. Zwar wird diese Annahme wohl falsch seyn, aber sie wird sich nicht weit von der Wahrheit entfernen, was durch die Analogie der übrigen mit der Temperatur veränderlichen Gröfsen, und namentlich auch durch Pouillet's genauere Versuche über das Platin, höchst wahrscheinlich gemacht wird.

Wenn wir jene Annahme machen, so kennen wir die ungefähre specifische Wärme für zwei bestimmte Temperaturen, nämlich für 50° und 150° C. Dividiren wir die Capacität bei 150° durch die bei 50°, so giebt der Quotient die Schnelligkeit an, mit der die Capacität gewachsen ist. Diese Division wollen wir ausführen, und wollen denselben Quotienten für den Leitungswiderstand daneben schreiben. Für das Eisen, Platin, Kupfer und Silber habe ich die Widerstände aus den Lenz'schen Formeln, für Zink und Quecksilber aus meinen Versuchen durch Interpolation berechnet.

	Capacität		Leitungswiderstand		Quotienten	
	bei 50°.	bei 150°.	bei 50°.	bei 150°.	der Capacität.	des Widerstandes.
Quecksilber	0,0330	0,0350	455	509	1,060	1,119
Platin	0,0335	0,0355	$\frac{1}{12.7144}$	$\frac{1}{10.4455}$	1,060	1,217
Kupfer	0,0949	0,1013	$\frac{1}{87.8432}$	$\frac{1}{68.6487}$	1,067	1,279
Zink	0,0927	0,1015	554	740	1,094	1,333
Silber	0,0557	0,0611	$\frac{1}{117.661}$	$\frac{1}{88.015}$	1,096	1,336
Eisen	0,1098	0,1218	$\frac{1}{14.632}$	$\frac{1}{9.856}$	1,109	1,484

Wir haben die Metalle so geordnet, dafs die Quotienten, welche die Schnelligkeit in der Zunahme der Capacität bezeichnen, in der Reihe immer *wachsen*, und wir finden, dafs die Quotienten des Widerstandes der Gröfse nach in derselben Ordnung stehen. Wenn nun die Schnelligkeit der Zunahme des Widerstandes nicht abhinge von der Schnelligkeit der Zunahme der Capacität, so wäre von den 720 verschiedenen Permutationen, in denen sich die sechs Metalle ordnen lassen, jede für die Reihenfolge der Quotienten des Widerstandes gleich möglich.

Daraus aber, dafs die Quotienten des Widerstandes in derselben Ordnung stehen mit denen der Capacität, folgt mit einer Wahrscheinlichkeit von 720 zu 1, dafs die Schnelligkeit der Zunahme des Widerstandes abhängt von der Schnelligkeit der Zunahme der Capacität.

Man könnte sagen, wenn diefs Gesetz richtig wäre, müfste sich ein gewisses constantes Verhältnifs der beiden Quotienten zu einander auffinden lassen. Indessen mufs man bedenken, dafs dazu ein grofser Grad der Genauigkeit in den Messungen erforderlich wäre, den die Beobachtungen von Dulong und Petit, wie Regnault nachgewiesen hat, nicht besitzen. Und wenn sie ihn auch besäfsen, so sind die Quotienten deshalb doch noch nicht genau, da sie unter der Voraussetzung gebildet sind, dafs die specifische Wärme zwischen 0° und 300° proportional mit der Temperatur wächst; überdiefs beeinträchtigt der Umstand, dafs die Metalle bei den Versuchen nicht von demselben Grade der Reinheit angewandt sind, die Genauigkeit. — Betrachten wir die beiden Reihen der Quotienten näher, so wird dadurch die Wahrscheinlichkeit jenes Gesetzes bestätigt und erhöht. Die gröfste Abweichung finden wir beim Quecksilber. Aber gerade hier läfst sie sich am leichtesten erklären, und gerade hier war die gröfste Abweichung zu erwarten. Denn das Quecksilber unterscheidet sich in den angenommenen Temperaturgränzen von den übrigen fünf Metallen durch seine Flüssigkeit. Als flüssiges Metall berührt es aber die Wände des Gefäfses,

in welches es bei den Beobachtungen der specifischen Wärme nach der Abkühlungsmethode gethan wird, weit inniger als die festen Metalle diefs thun. Dieser Umstand ist aber von Einflufs auf das Resultat der Beobachtungen und die Quelle der Ungenauigkeit der Messungen von Dulong und Petit. — Recht auffallend sprechen Zink und Silber in unserer Reihe für jenes Gesetz. Denn während sie fast denselben Quotienten der Capacität haben, haben sie auch fast denselben Quotienten des Leitungswiderstandes.

Wenn sich diefs Gesetz bei genauerer Untersuchung bestätigen sollte, so würde es, wie ich glaube, nicht ohne Wichtigkeit seyn für die Lehre von den chemischen Aequivalenten und für die Theorie der Erwärmung durch den elektrischen Strom.

VI. *Ueber die Schwingungen gespannter und nicht gespannter Stäbe; von A. Seebeck.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Bericht. d. K. sächs. Gesellsch. der Wissenschaften.)

Diese Abhandlung zerfällt in zwei Theile. Der erste handelt von den ausgezeichneten Punkten nicht gespannter schwingender Stäbe. Es wird nämlich gezeigt, wie man die Schwingungsknoten, welche bisher nur für einen an beiden Enden freien Stab berechnet worden sind, für alle übrigen Fälle nach einem gemeinsamen Verfahren berechnen und dieses auch auf die Wendepunkte, so wie auf die Punkte der stärksten Schwingung und der stärksten Biegung anwenden kann.

Ist der Stab an einem Ende eingeklemmt, am andern frei, so kann die Gleichung für die Bestimmung der Knoten auf folgende Form gebracht werden:

$$\sin\left(\alpha x - \frac{\pi}{4}\right) = \delta\sqrt{\tfrac{1}{2}},$$

wo x die Entfernung der Knoten vom freien Ende bedeu-

tet, α eine durch die Berechnung der Töne bekannte Gröfse ist, und

$$\delta = \pm e^{-a(l-x)} + e^{-ax} \pm e^{-al}(\sin \alpha x + \cos \alpha x).$$

Das obere Zeichen gilt für die ungeraden, das untere für die geraden Töne. Diese Gleichungen geben, da δ stets — mit Ausnahme des ersten Knoten — eine sehr kleine Gröfse ist, zuerst einen Näherungswerth für αx, mit welchem die Näherung auf jeden beliebigen Grad fortgesetzt werden kann. Für den ersten Knoten erhält man durch Anwendung von Reihen den ersten Näherungswerth $\alpha x = 1{,}04$, mit welchem die Näherung ebenfalls beliebig fortgesetzt werden kann. Die Wendepunkte haben vom festen Ende genau dieselbe Entfernung wie die Knoten vom freien Ende. Eine gleiche Beziehung findet zwischen den Punkten der stärksten Schwingung und denen der stärksten Biegung statt.

Auf gleiche Weise können die ausgezeichneten Punkte für die übrigen Fälle bestimmt werden. Zwischen dem Falle wo beide Enden frei sind, und dem wo beide fest sind, findet die Analogie statt, dafs die Knoten im einen Falle genau dieselbe Lage haben, wie die Wendepunkte im andern, und eben so die Punkte der stärksten Schwingung im einen Falle denen der stärksten Biegung im andern entsprechen. Dieselbe Analogie gilt für die beiden Fälle, wo ein Ende angestemmt, das andere entweder fest oder frei ist.

In der folgenden Tabelle ist die Lage sämmtlicher Knoten und Wendepunkte zugleich mit der Schwingungsmenge für die verschiedenen Fälle zusammenstellt.

Tabelle

über die Schwingungsmenge nicht gespannter Stäbe nach der Formel $N = \frac{\varepsilon^2 \pi}{2 l^2} \sqrt{\frac{ag}{p}}$ p. Sec. so wie über die Lage der Knoten und Wendepunkte, die Länge des Stabes = 1 gesetzt.

Erster Fall.

Ein Ende fest, das andere frei.

	ε.	Entfernung der {Knoten vom freien Ende / Wendepunkte v. fest. Ende.}					
		Erster.	Zweit.	Dritt.	k^{ter}.	Vorletzter.	Letzter.
1ster Ton	0,59686						
2ter -	1,49418	0,2261					
3ter -	2,50025	0,1321	0,4999				
4ter -	3,49999	0,0944	0,3558	0,6439			
$i$ter -	$2i-1$	1,3222	4,9820	9,0007	$4k-3$	$4i-10{,}9993$	$4i-7{,}0175$
	2	$4i-2$	$4i-2$	$4i-2$	$4i-2$	$4i-2$	$4i-2$

Zweiter und dritter Fall.

Beide Enden {frei / fest}.

	ε.	Entf. der {Knoten / Wendepkt.} vom nächst. {freien / festen} Ende				Entf. der {Wendepkt. / Knot.} vom nächsten {freien / festen} Ende		
		Erster.	Zweit.	Dritt.	k^{ter}.	Erster.	Zweiter.	k^{ter}.
1ster Ton	1,50562	0,2242						
2ter -	2,49975	0,1321	0,5000			0,5000		
3ter -	3,50001	0,0944	0,3558			0,3593		
$i$ter -	$2i+1$	1,3222	4,9820	9,0007	$4k-3$	5,0175	8,9993	$4k+1$
	2	$4i+2$	$4i+2$	$4i+2$	$4i+2$	$4i+2$	$4i+2$	$4i+2$

Vierter und Fünfter Fall.

Ein Ende angestemmt, das andere {frei / fest}.

	ε.	Entf. der {Knoten vom freien Ende / Wendep. v. festen Ende}				Entf. der {Wendep. v. fr. Ende / Knot. v. festen Ende}		
		Erster	Zweit.	Dritt.	k^{ter}.	Erster.	Zweit.	k^{ter}.
1ster Ton	1,24987	0,2642						
$i$ter -	$4i+1$	1,3222	4,9820	9,0007	$4k-3$	5,0175	8,9993	$4k+1$
	4	$4i+1$	$4i+1$	$4i+1$	$4i+1$	$4i+1$	$4i+1$	$4i+1$

Sechster Fall.

Beide Enden angestemmt.

i^{ter} Ton: $\varepsilon = i$; Entfernung des k^{ten} Knoten und Wendepunkts vom Ende $= \frac{k}{i}$.

Der zweite Theil der Abhandlung bezieht sich auf die *Schwingungen gespannter Stäbe.* Diese sind hauptsächlich deshalb von Interesse, weil die Saiten, streng genommen, in diese Klasse gehören, und die Gesetze der letzteren die Correction ergeben müssen, welche die gewöhnliche Formel der Schwingungsmenge der Saiten wegen der Steifheit zu erhalten hat.

N. Savart hat dieses Gesetz durch Versuche an ziemlich starken, kurzen, gespannten Drähten zu ermitteln gesucht, und gefunden, dafs zwischen der Schwingungsmenge des nicht gespannten Drahtes: n_0, der nach der Taylor'schen Formel berechneten des gespannten, nicht steifen Drahtes: n_1, und der unter gleichzeitiger Wirkung der Spannung und Steifheit beobachteten: n die Gleichung $n^2 = n_0{}^2 + n_1{}^2$ stattfindet. Es kann jedoch aus den Versuchen nicht entnommen werden, ob diese Regel in solcher Annäherung stattfinde, dafs danach jene Correction berechnet werden dürfte.

Duhamel hat durch eine sehr einfache Betrachtung dieselbe Regel theoretisch herzuleiten gesucht. Es ist jedoch diese Herleitung an eine Voraussetzung geknüpft, welche, wie sich zeigen läfst, nur bei einer bestimmten Gestalt des schwingenden Stabes zulässig ist, aber unmöglich wird, wenn der Draht, wie bei Savart's Versuchen, an beiden Enden eingeklemmt ist.

Man mufs, um keinen Fehlschlufs zu thun, auf die allgemeine Bewegungsgleichung zurückgehen, welche sich aus der vereinigten Wirkung der Spannung und der Elasticität ergiebt.

Diese Gleichung ist:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{Pg}{p}\frac{d^2 y}{dx^2} - \frac{ag}{p}\frac{d^4 y}{dx^4},$$

wo P die Spannung, $a\frac{d^2 y}{dx^2}$ das elastische Moment des Stabes und p das Gewicht einer Längeneinheit desselben bezeichnet. Die besonderen Integrale dieser Gleichung, welche den einzelnen Tönen entsprechen, geben für die Gestalt des schwingenden Stabes die Gleichung:

$$y = Ae^{\alpha x} + Be^{-\alpha x} + C\sin\beta x + D\cos\beta x$$

wo:

$$\alpha^2 = \frac{P}{2a} + \sqrt{\frac{P^2}{4a^2} + \frac{n^2 p}{ag}}$$

und

$$\beta^2 = -\frac{P}{2a} + \sqrt{\frac{P^2}{4a^2} + \frac{n^2 p}{ag}},$$

wenn n die Schwingungsmenge in der Zeit 2π bezeichnet. Ist nun:

1) der Stab an jedem Ende mit einer Queraxe versehen (oder angestemmt), so erhält man für die Schwingungsmenge denselben Ausdruck, welchen Savart auf dem Wege des Versuchs gefunden. Auch ist auf diesen Fall Duhamel's Theorie anwendbar. Nicht so:

2) wenn der Stab an beiden Enden eingeklemmt ist. Hier kommt man auf eine Gleichung, welche in diese Form gebracht werden kann:

$$tang\,\beta l = \frac{2\alpha\beta}{\alpha^2 - \beta^2}\left\{1 + 2(e^{-2\alpha l} + e^{-4\alpha l} + \ldots) - \frac{2}{\cos\beta l}(e^{-\alpha l} + e^{-3\alpha l} + \ldots)\right\}$$

wo l die Länge des Stabes bezeichnet.

Um hiernach zu rechnen, kann man zuerst in großer Annäherung setzen:

$$tang\,\beta l = \frac{2n}{P}\sqrt{\frac{ap}{g}},$$

eine Gleichung, welche in Verbindung mit der folgenden

$$n^2 = \frac{ag}{p}\beta^4 + \frac{Pg}{p}\beta^2$$

schnell auf einen sehr genäherten Werth von n führt. Mit diesem kann dann auch die vorhergehende genaue Glei-

chung in beliebiger Annäherung berechnet werden. Diese Theorie stimmt nicht ganz mit Savart's Versuchen überein, doch sind die Differenzen nicht so grofs, dafs sie nicht aus den Fehlerquellen der Beobachtung erklärt werden könnten.

Für gewöhnliche Saiten, wo $\frac{a}{Pl^2}$ sehr klein ist, kann der Ausdruck für die Schwingungsmenge auf eine hinreichend genaue, sehr viel einfachere Form gebracht werden. Es wird nämlich, mit Vernachlässigung der zweiten und höheren Potenzen von $\sqrt{\frac{a}{Pl^2}}$,

$$n = n_1\left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{Pl^2}}\right),$$

wo n_1 die Schwingungsmenge für die absolut biegsame Saite ist, oder auch, wenn r den Halbmesser der Saite und m den Elasticitätscoëfficienten bezeichnet:

$$n = n_1\left(1 + \frac{r^2}{l}\sqrt{\frac{m\pi}{P}}\right).$$

Hieraus ergiebt sich eine Correction, welche bei genauen Monochordversuchen keineswegs zu vernachlässigen ist; sie beträgt z. B. bei einigen Versuchen, welche der Verf. früher zur Bestimmung der Töne von Stimmgabeln mit einer ziemlich dünnen Stahlsaite angestellt hat, 1 Schwingung auf 127.

Setzt man die Annäherung bis zur Berücksichtigung der zweiten Potenz von $\sqrt{\frac{a}{Pl^2}}$ fort, so kann man für die Schwingungsmenge des i^{ten} Tones schreiben:

$$n = i\,n_1(1 + i^2\delta),$$

wo:

$$n_1 = \frac{\pi}{l}\sqrt{\frac{Pg}{p}\left(1 + 4\sqrt{\frac{a}{Pl^2}} + 12\,\frac{a}{Pl^2}\right)}$$

und:

$$\delta = \tfrac{1}{2}\pi^2\,\frac{a}{Pl^2},$$

woraus man sieht, dafs die kleine Stufe, um welche der i^{te} Ton von der harmonischen Reinheit gegen den ersten abweicht, durch $\frac{1+i^2\delta}{1+\delta}$ ausgedrückt wird. Bei einer stark gespannten Saite von geringer Steifheit wird δ so klein — z. B. $\frac{1}{60000}$ bei dem Monochord des Verf. — dafs die Abweichung von der vollkommenen Reinheit völlig unmerklich wird.

VII. *Optische Beobachtung während einer Sonnenfinsternifs; von A. Matthiessen.*

(*Compt. rend.*, *T. XXXV*, *p.* 548. Aus einem Briefe von Hrn. Arago. Altona 10. Oct. 1847.)

— Während der ganzen Dauer der gestrigen Sonnenfinsternifs war die Sonne vollständig durch einen weifsen und sehr beständigen Nebel versteckt. Um das Licht dieses Nebels zu zerlegen, bediente ich mich der Linsenprismen, die, wie Sie wissen, die dunklen Striche des Sonnenspectrums sehr deutlich zeigen. Mochte nun der Nebel durch die volle Sonnenscheibe, oder durch eine Sichel von nur einem Sechstel beleuchtet seyn, so blieb doch das optische Spectrum, bis auf die Intensität, durchaus unverändert. Was die dunklen Streifen betrifft, welche das Kennzeichen terrestrischer Absorptionen sind, so zeigten sich gestern morgen nur zwei sehr schwache, einer im Grün, der andere im Blau, aber diese erlitten während der drei Stunden, dafs die Beobachtung dauerte, nicht die mindeste Aenderung. Ich schliefse aus diesen Beobachtungen, dafs das Licht vom Sonnenrand sich in keiner Weise von dem aus der Mitte unterscheidet, dafs die Sonnenatmosphäre, welche die Photosphäre umgiebt, keine merkliche Absorption der Lichtstrahlen bewirkt, und nicht die Ursache der dunkeln Striche im Spectrum ist.

VIII. *Ueber das Ilmenium; von Heinrich Rose.*

In mehreren Abhandlungen in dieser Zeitschrift habe ich zum Theil umständlich die Gründe auseinandergesetzt, die mich bewogen haben, die Existenz eines neuen Metalls, des Ilmeniums, nicht anzunehmen, welches Hr. Hermann in Moskau in dem sogenannten Yttroilmenit von Miask in Sibirien gefunden haben will. Ich zeigte, dafs dieses Mineral mit dem Samarskit (Uranotantal), welchen mein Bruder zuerst beschrieben hat, vollkommen identisch, und dafs die von Hrn. Hermann dargestellte Metallsäure nicht das Oxyd eines neuen Metalls, sondern eine mehr oder weniger unreine Niobsäure sey. Ich glaubte, die Beweise dafür so vollständig geliefert zu haben, dafs Hr. Hermann sich von der Richtigkeit derselben überzeugen und dafs die Angelegenheit erledigt seyn würde. Diefs ist indessen nicht der Fall gewesen. Hr. Hermann ist wiederum mit neuen Beweisgründen für seine Ansicht aufgetreten [1]).

Obgleich ich von der Richtigkeit meiner Angaben vollkommen überzeugt war, so hielt ich es doch für Pflicht, eine Reihe neuer Untersuchungen anzustellen. Meine Untersuchungen will ich hier so ausführlich mittheilen, dafs sie leicht mit demselben Erfolge wiederholt werden können, und die Frage nun wohl als vollkommen entschieden seyn wird.

Hr. Hermann hatte, unmittelbar nach der Bekanntmachung seines angeblich neuen Metalls, eine kleine Menge des Yttroilmenits an meinen Bruder geschickt. Sowohl durch das äufsere Ansehen, als auch durch das spec. Gewicht konnte man sich leicht überzeugen, dafs derselbe mit dem von meinem Bruder beschriebenen Uranotantal identisch sey. Ich hielt es jedoch für nothwendig, aus diesem, von Hrn. Hermann selbst für Yttroilmenit erkannten Mineral die Ilmensäure darzustellen, um dieselbe hinsichtlich ihrer

1) Journ. für pract. Chemie, Bd. 42, S. 129.

Eigenschaften mit der aus den Columbiten von Bodenmais und von Nordamerika dargestellten Niobsäure vergleichen zu können.

Der geschlämmte Yttroilmenit wurde auf die bekannte Weise mit zweifach-schwefelsaurem Kali geschmolzen, in welchem er sich durch Schmelzen vollständig auflöst. Die geschmolzene Masse wurde mit Wasser ausgelaugt, wobei die Ilmensäure ungelöst zurückblieb, die nur auf dem Filtrum mit Schwefelammonium digerirt wurde, wodurch sie sich durch entstandenes Schwefeleisen sogleich schwarz färbte. Nachdem sie darauf mit Chlorwasserstoffsäure vom Schwefeleisen befreit und vollständig ausgesüfst worden, betrug sie nur ungefähr ein Grm. Sie wurde darauf mit einer grofsen Menge von Zucker innig gemengt, das Gemenge bis zur vollständigen Zerstörung des Zuckers geglüht, und die kohlehaltige Masse in eine Glasröhre von schwer schmelzbarem Glase und einem ziemlich weiten Durchmesser gelegt. Vor diese Mengung wurde eine beträchtliche Schicht von reiner, aus Zucker dargestellter Kohle gebracht, und die Röhre in einen Ofen gelegt, wie man ihn gewöhnlich zur Analyse organischer Körper benutzt. Ueber das Gemenge wurde zuerst Kohlensäuregas, das durch concentrirte Schwefelsäure und durch Chlorcalcium vollkommen getrocknet worden war, geleitet, und zwar erst kalt, sodann über das stark glühende und darauf über das vollkommen erkaltete Gemenge; endlich nun wurde Chlorgas, das ebenfalls durch concentrirte Schwefelsäure und Chlorcalcium getrocknet worden war, darüber geführt, und zwar sehr lange über das kalte Gemenge. Dann wurde die Kohlenschicht zum starken Glühen gebracht, und darauf das Gemenge der metallischen Säure mit Kohle. Es sublimirte zuerst weifses Niobchlorid, das durch etwas Wolframchlorid röthlich gefärbt wurde; später aber zeigte sich auch etwas gelbes Pelopchlorid. Durch die Flamme einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, mit welcher die Chloride erhitzt wurden, kann das Wolframchlorid mit dem Pelopchlorid, aber immer gemengt mit einer bedeutenden Quantität Niobchlorid,

von dem gröfsten Theile des Niobchlorids abgetrieben werden, welches dann weifs zurückbleibt. Auch das Wolframchlorid kann, wenn die Röhre nur eine hinreichende Länge hat (es wurde eine Röhre von 6 Fufs angewandt) zum Theil wenigstens von dem etwas weniger flüchtigen Pelopchlorid auf eine ähnliche Weise getrennt werden, so dafs man ein Chlorid erhält, das rötlich ist, und aus Wolframchlorid, Pelopchlorid und etwas Niobchlorid besteht, und ein Chlorid, das gelb ist, und gröfstentheils aus Pelopchlorid und Niobchlorid besteht. Uebergiefst man ersteres mit Ammoniak, so kann man die Wolframsäure daraus scheiden, und mit der Auflösung Versuche anstellen, um sich zu überzeugen, dafs diese Säure wirklich in der ammoniakalischen Auflösung enthalten ist.

Auf diese Weise ist es möglich das angebliche Ilmenchlorid in drei Chloride zu zerlegen, welche man freilich nicht durch ihre verschiedene Flüchtigkeit vollständig von einander trennen kann. Aber man bekommt doch so viel von einem reinen Niobchlorid, welches in den drei Chloriden in der bei weitem gröfsten Menge enthalten ist, dafs man in der daraus dargestellten Niobsäure alle charakteristischen Eigenschaften derselben erkennen kann.

Diese Säure giebt nämlich mit Phosphorsalz in der inneren Löthrohrflamme ein eben so rein blaues Glas wie die aus den Columbiten erhaltene Niobsäure, was Hr. Hermann läugnet. Ich habe schon früher bemerkt, dafs man, um dieses blaue Glas zu erhalten, eine beträchtliche Menge von Niobsäure im Phosphorsalz auflösen mufs, und dafs daher eine Uebersättigung des Glases nöthig ist. Auch Scheerer, der aus mehreren Mineralien pelophaltige Niobsäure ausgeschieden hat, macht hierauf aufmerksam [1]). Wenn indessen Hr. Hermann auf keine Weise durch die von ihm aus dem Yttroilmenit dargestellte Säure ein blaues Phosphorsalzglas erhalten hat, so glaube ich diefs einer anderen Ursach zuschreiben zu müssen. Bei der Darstellung des Pelopchlorids aus einem Gemenge von Pelopsäure und

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 72, S. 564.

Kohle vermittelst Chlorgases erhält man stets, wie ich früher ausführlich bemerkt habe, ein Acichlorid, das durch Erhitzung Pelopsäure zurückläfst, welche Aehnlichkeit mit dem Niobchlorid hat, das sich aber von ihm durch die Flüchtigkeit unterscheidet. Man vermindert die Menge der auf diese Weise erzeugten Pelopsäure, wenn man vor das Gemenge von Pelopsäure und Kohle eine lange Schicht von Kohle legt, und diese früher zum Glühen bringt, als jenes, so wie, dafs man sorgfältig den Zutritt von atmosphärischer Luft bei der Darstellung des Chlorids abhält. Aber man vermeidet dadurch die Erzeugung der sich scheinbar verflüchtigenden Pelopsäure nie ganz, wohl aber vermindert man dieselbe beträchtlich. — Es ist nun möglich, dafs Hr. Hermann eine solche Pelopsäure mit dem Löthrohre untersucht hat, und es ist diefs um so wahrscheinlicher, da er durch die Ilmensäure eine bräunliche Färbung des Phosphorsalzes erhalten hat.

Hr. Hermann hat keine blaue, sondern nur eine braune Flüssigkeit erhalten, als er das Chlorid, in Salzsäure gelöst, mit Zink behandelte. Ist die Menge des Niobchlorids sehr gering, so erhält man in der That nur eine bräunliche Färbung; wohl aber eine bläuliche, wenn man statt der Chlorwasserstoffsäure Schwefelsäure nimmt. — Ich habe das aus dem Yttroilmenit erhaltene Niobchlorid in dieser, wie in so mancher andern Hinsicht mit dem aus den Columbiten dargestellten verglichen, und durchaus keinen Unterschied bemerkt. Auch das Verhalten gegen Schwefelsäure, und Galläpfeltinktur ist, wenn das Niobchlorid aus dem Yttroilmenit so viel wie möglich gereinigt ist, vollkommen gleich.

Hr. Hermann legt ein besonderes Gewicht darauf, dafs das Atomgewicht der Niobsäure und Ilmensäure nach seinen Untersuchungen sehr verschieden ist. Ich habe noch keine quantitativen Untersuchungen über die Verbindungen des Niobs bekannt gemacht, bemerke aber, dafs die von Hermann angegebene Zusammensetzung des Chlorilmeniums zwar von der des Chlorniobs, wie ich sie gefunden habe, abweicht, aber nicht sehr bedeutend; dafs aber die

Zusammensetzung des Chlortantals, wie er sie angiebt, sehr verschieden von der ist, welche ich gefunden habe. Es scheint, dafs Hr. Hermann ein Chlortantal analysirt hat, das viel Tantalsäure enthielt, wie man es erhält, wenn man bei seiner Erzeugung nicht eine starke Schicht Kohle vor das Gemenge von Tantalsäure und Kohle legt, oder die atmosphärische Luft nicht ganz absperrt. Befolgt man aber alle Vorsichtsmafsregeln, so erhält man ein Chlortantal, das vollständig in einer Atmosphäre von Chlorgas flüchtig ist, und keine Spur von Tantalsäure bei seiner Verflüchtigung hinterläfst. Ich mache übrigens darauf aufmerksam, dafs das Chlortantal nicht mit dem Schwefeltantal, aus welchem Berzelius das Atomgewicht des Tantals abgeleitet hat, analog zusammengesetzt ist, worauf ich in späteren Abhandlungen zurückkommen werde.

Hr. Hermann findet es auffallend, dafs bei meinen Untersuchungen über die Niobsäure aus dem Samarskit die Wolframsäure von derselben nicht durch Schwefelammonium vollständig zu trennen war. Ich habe hierüber schon bei einer andern Gelegenheit bemerkt, dafs auch Zinnoxyd nicht vollständig von der Niobsäure und den ihr ähnlichen Säuren zu trennen ist, wenn kleine Mengen mit sehr grofsen Quantitäten der letzteren gemengt sind, und die Digestion nicht lange fortgesetzt wird.

Endlich führt Hr. Hermann als Unterschied seines Yttroilmenits von dem Samarskit die Resultate seiner Untersuchungen von ersterem Mineral und die des Hrn. v. Perez von letzterem an. Aber die beiden Analysen, die er vom Yttroilmenit angiebt, weichen unter einander schon sehr ab; und ich glaube kaum, dafs, um erst den Gang der Analyse bei einer Substanz, die so seltene und schwer von einander zu trennende Bestandtheile enthält, zu bestimmen, er eine so lange Reihe von Versuchen angestellt hat, wie sie in meinem Laboratorium durch die Hrn. Wornum und Brooks, und endlich durch Hrn. v. Perez unternommen worden sind.

Dafs der Samarskit in seiner Zusammensetzung bisweilen etwas abweicht, will ich gern zugeben, da ich oft aus

diesem Minerale eine Niobsäure erhielt, welche ganz frei von Pelopsäure war. Aber ich glaube, dafs die Resultate von Hermann's Analysen des Yttroilmenits, namentlich hinsichtlich des Gehalts von Uranoxyd und Yttererde, nicht richtig seyn können. Titansäure habe ich nie im Samarskit finden können, selbst nicht in den Stücken, die Hr. Hermann als Yttroilmenit an meinen Bruder gesandt hat, auch nicht Ceroxyd, obgleich die erhaltene Yttererde darauf untersucht wurde.

Ich habe diese neuen Versuche nur darum so erschöpfend beschrieben, damit ich nun nicht mehr auf diesen Gegenstand zurückzukommen brauche, und ich bin fest überzeugt, dafs Hr. Hermann selbst bei sorgfältiger Prüfung die Richtigkeit meiner Ansicht anerkennen wird.

IX. *Erscheinungen beim Schmelzen von Gebirgsarten.*

Hr. Delesse hat verschiedene krystallinische Gebirgsarten der Schmelzung unterworfen und dabei gefunden, dafs die daraus in der Regel entstehenden Gläser von geringerem spec. Gewichte sind. Die Verringerung beträgt nach ihm, in Procenten, bei

Graniten, quarzigen Porphyren und granitoïdischen Felsarten	9 bis 11
syenitischen Graniten, Syeniten etc.	8 — 9
Porphyren, rothen, braunen und grünen, mit und ohne Quarz, aber mit Grundmasse von Albit, Oligoklas, Andesit	8 — 10
Dioriten und dioritischen Porphyren etc.	6 — 8
Melaphyren	6 — 7
Trachyten	4 — 5
alten vulkanischen Felsarten, Basalten etc.	3 — 4
neuen vulkanischen Felsarten, Laven etc.	0 — 3

»Wenn Felsarten, sagt er,« aus dem krystallinischen Zustand in den glasigen übergehen, so erleiden sie eine Dichtigkeitsverringerung, die, unter sonst gleichen Umständen, desto gröfser ist, je mehr Kieselerde und Alkali sie enthalten, und desto kleiner, je mehr Eisenoxyd, Kalk und Thonerde darin ist. (*Compt. rend., T. XXV, p.* 545.)

X. *Nachträgliche Bemerkungen zu dem Aufsatze „Ueber die quantitative Bestimmung der Aschenbestandtheile etc.“* [1]*; von W. Heintz.*

In dem in der Ueberschrift genannten Aufsatze habe ich nachgewiesen, dafs es nicht möglich ist, diejenige Menge Kohlensäure, welche den in einer organischen Substanz enthaltenen Salzen fixer Basen mit organischen Säuren entspricht, direct zu bestimmen. Abgesehen davon, dafs man Gefahr läuft, die beim Verkohlen derselben möglicherweise gebildeten Cyanmetalle oder cyansauren Salze, indem man die Kohlensäure austreibt, gleichfalls zu zersetzen, und somit jene Säuren, deren Atomgewicht von dem dieser nicht unbedeutend verschieden ist, als Kohlensäure in Rechnung zu ziehen, habe ich gezeigt, dafs einmal die Kohlensäure nicht bestimmt werden kann, ohne dafs vorher der verkohlten Masse eine gewisse Menge dieser Säure, welche bei der Verkohlung verloren geht, restituirt wird, und dafs ferner, wenn in der Asche einer organischen Substanz mehr phosphorsaures Alkali vorhanden ist, als nöthig ist, um mit dem darin vorhandenen kohlensauren Alkali das dreibasische phosphorsaure Salz zu bilden, stets das Gewicht der Kohlensäure zu grofs gefunden wird, weil, wenn Kohlensäure zu der verkohlten, mit Wasser angerührten Masse geleitet wird, das pyrophosphorsaure Alkali zum Theil in saures pyrophosphorsaures und kohlensaures Salz zerlegt wird.

Deshalb schlug ich eine andere Methode der Bestimmung der Kohlensäure vor, von der ich glaubte, dafs sie genauere Resultate liefern müfste, obgleich ich mich schon damals durch Versuche überzeugte, dafs auch sie nicht den strengsten Anforderungen genügt. Diese Methode besteht darin, dafs man eine Portion der organischen Substanz verkohlt, und den wäfsrigen Auszug dieser Kohle zur Bestimmung des Chlors benutzt, eine andere Portion der-

1) Diese Annalen, Bd. 72, S. 113.

selben aber nach der Verkohlung mit Salzsäure auszieht, den salzsauren Auszug mit der Asche der Kohle vermischt, und den Chlorgehalt der zur Trockne abgedampften Lösung, nachdem der Rückstand bis zur Verkohlungtemperatur erhitzt worden ist, bestimmt. Die Differenz der auf Procente der organischen Substanz berechneten Chlormengen sollte, nach meiner Angabe, derjenigen Kohlensäuremenge aequivalent seyn, durch welche sich wiederum auf die procentische Menge der Salze fixer Basen mit organischen Säuren in der Substanz schliefsen läfst.

Einige Untersuchungen von Pflanzenaschen, welche theils von mir selbst, theils unter meiner Leitung in meinem Laboratorium nach der in dem oben citirten Aufsatze angegebenen Methode ausgeführt worden sind, haben mir jedoch gelehrt, dafs jene Kohlensäurebestimmung noch anderen Fehlern unterworfen seyn müsse, als dem, welchen ich schon in jener Abhandlung erwähnt habe. Bei einer Analyse der Asche des Rapssamens fand ich nämlich folgende Zahlen:

Kohlensäure	6,70	Proc.
Kieselsäure	0,62	-
Sand	2,18	-
Eisenoxyd	2,65	-
Kalkerde	14,44	-
Talkerde	9,83	-
Phosphorsäure	42,83	-
Kali	19,33	-
Natron	0,85	-
	99,43.	

Nimmt man an, dafs die Phosphorsäure zunächst an Kalkerde und Magnesia, und der Rest derselben an Kali gebunden in der Asche enthalten ist, so läfst sich aus obigen Zahlen folgende Zusammensetzung derselben berechnen:

Phosphorsaure Kalkerde ($\dddot{P}^3 \dot{C}a^8$)	28,23
Phosphorsaure Talkerde ($\dddot{P} \dot{M}g^2$)	26,83
Phosphorsaures Kali ($\dddot{P} \dot{K}^2$)	27,95
Kohlensaures Kali	5,02
Kohlensaures Natron	1,45
Eisenoxyd	2,65
Kieselsäure	0,62
Sand	2,18
Kohlensäure	4,50
	99,43.

Demnach hat der Versuch 4,50 Proc. Kohlensäure mehr ergeben, als er nach dieser Rechnung hätte ergeben müssen; und selbst wenn man annehmen wollte, das Eisenoxyd sey in dem Rapssamen als phosphorsaures Salz, und nicht als Oxyd oder als integrirender Bestandtheil einer organischen Verbindung, was am wahrscheinlichsten ist, enthalten gewesen, so würde der Ueberschuſs an Kohlensäure immer noch 2,31 Proc. betragen.

Dieser groſse Ueberschuſs an dieser Säure weist darauf hin, daſs auſser dem schon in meinem früheren Aufsatze erwähnten Fehler diese Methode noch einem anderen unterworfen seyn müsse.

Die Angabe von Berzelius [1]), daſs die phosphorsaure Kalkerde, welche auf einem Atom der Säure zwei Atome der Basis enthält, wenn sie mit einer Lösung von Chlorcalcium gemengt und destillirt wird, Chlorwasserstoffsäure austreibt und basische phosphorsaure Kalkerde bildet, veranlaſste mich zu dem Schluſs, daſs dieſs auch bei Aschenbestimmungen stattfinden müsse, daſs also, wenn die basische phosphorsaure Kalkerde, welche in der verkohlten Masse enthalten ist, durch Salzsäure aufgelöst, und also in Chlorcalcium und saure phosphorsaure Kalkerde zersetzt wird, beim Abdampfen dieser Lösung zur Trockne nicht allein die freie Salzsäure ausgetrieben, sondern auch das

1) Berzelius Lehrbuch. 4. Auflage. Bd. 4, S. 275.

gebildete Chlorcalcium wieder vollständig zersetzt werden müsse.

Diefs ist jedoch nicht der Fall. Wenn man nämlich reine basische phosphorsaure Kalkerde ($\dddot{P}^3 \dot{C}^8$, nach Berzelius) in Salzsäure auflöst, die Lösung zur Trockne bringt und den Rückstand bis zur Verkohlungstemperatur erhitzt, so enthält die rückständige Masse eine grofse Menge Chlor, welches durch salpetersaures Silberoxyd leicht nachgewiesen werden kann. Hierin liegt offenbar der Grund, weshalb bei der oben erwähnten Analyse ein so bedeutender Ueberschufs an Kohlensäure gefunden worden ist.

Zwei andere Analysen der Aschen des Rapsstrohs und des Erbsenstrohs, welche unter meiner Leitung von Hrn. Baer in meinem Laboratorium ausgeführt worden sind, weisen noch auf einen anderen Fehler jener Kohlensäurebestimmung hin, welcher jedoch wohl nur bei Pflanzenaschen vorkommen kann.

Dieser fand nämlich folgende Zahlen:

	Rapsstroh.	Erbsenstroh.
Kali	23,65	7,30
Kalk	15,79	27,39
Magnesia	4,95	9,69
Eisenoxyd	0,67	1,24
Phosphorsäure	4,70	3,54
Kieselsäure	0,92	2,48
Schwefelsäure	5,70	6,24
Chlorkalium	8,77	17,10
Kohlensäure	19,70	24,20
Chlornatrium	14,55	—
Natron	—	0,27
Sand	—	0,09
	99,40	99,54.

Berechnet man nach diesen Zahlen die Menge der einzelnen Salze, welche in der organischen Substanz enthalten seyn mufsten, so erhält man folgende Resultate:

	Rapsstroh.	Erbsenstroh.
Phosphorsaure Kalkerde	9,62	7,25
Schwefelsaure Kalkerde	9,69	10,61
Chlorkalium	8,77	17,10
Chlornatrium	14,55	—
Kohlensaure Kalkerde	12,28	34,48
Kohlensaure Talkerde	6,31	10,52
Kohlensaures Kali	34,69	10,71
Kohlensaures Natron	—	0,46
Eisenoxyd	0,67	1,24
Kieselsäure	0,92	2,48
Reine Magnesia	1,90	4,60
Sand	—	0,09
	99,40	99,54.

Aus den Resultaten dieser Analysen ersieht man, dafs in der Kohle des Rapsstrohs und Erbsenstrohs nicht allein kohlensaures Alkali, sondern auch kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Talkerde enthalten ist. In dem salzsauren Auszuge derselben mufs also Chlorcalcium und Chlormagnesium enthalten seyn, von denen namentlich letzteres, besonders bei Luftzutritt, in der Glühhitze eine Zersetzung erleidet, indem es Chlor verliert. Da aus dem Chlorgehalt des zur Trockne abgedampften und geglühten salzsauren Auszugs auf die Kohlensäuremenge geschlossen wird, welche den organisch sauren Salzen der organischen Substanz entspricht, so ist die Zersetzung des darin enthaltenen Chlormagnesiums der Grund, weshalb die bei jenen Analysen gefundene Menge Kohlensäure geringer ausgefallen ist, als die Rechnung verlangt. Je mehr also kohlensaure Magnesia in einer Asche enthalten ist, um so gröfser mufs die Differenz zwischen der gefundenen und berechneten Kohlensäuremenge seyn. Diefs bestätigen die beiden vorerwähnten Analysen auf's Deutlichste.

Aus diesen Gründen kann die von mir angegebene Methode zur Bestimmung der Menge der organisch sauren Salze einer organischen Substanz eben so wenig, wie irgend eine

andere bisher angewendete auf hinreichende Genauigkeit Anspruch machen. Aus meinen Versuchen folgt aber zugleich, dafs nach unseren bisherigen Kenntnissen keine in allen Fällen genügende directe Methode dafür sich auffinden läfst. Es bleibt nichts übrig, als dieselbe aus derjenigen Quantität Basis zu berechnen, welche, nachdem man die gefundenen Säuren an die gefundenen Basen nach ihrer Sättigungscapacität vertheilt hat, unverbunden zurückbleibt.

Freilich würde die Gegenwart einer gröfseren Menge Eisen auch diese Berechnung unsicher machen, da man in den meisten Fällen nicht weifs, ob dasselbe in Form eines Salzes, oder als einer organischen Verbindung angehörig in der organischen Substanz vorhanden ist.

Auch die Gegenwart von phosphorsauren Salzen kann die Zuverlässigkeit derselben verringern. Denn es sind nur Hypothesen, wenn auch sehr wahrscheinliche, dafs die phosphorsauren Alkalisalze und die phosphorsaure Magnesia in den organischen Körpern stets in Form derer sich vorfänden, welche auf ein Atom der Säure zwei Atome der Basis enthalten, und dafs die phosphorsaure Kalkerde in ihnen stets nach der Formel $\dddot{P}^{3}\,\dot{Ca}^{8}$ zusammengesetzt sey.

Was nun im Uebrigen die von mir angegebene Methode der Analyse der Aschenbestandtheile organischer Körper betrifft, so bleibt dieselbe trotz dieser neuen Versuche ganz bestehen. Man könnte vielleicht die Bestimmung des Chlors in dem salzsauren Auszuge der verkohlten Masse unterlassen; allein es ist besser, auch diese Bestimmung auszuführen, weil man dadurch eine Controle der Genauigkeit der Analyse erhält, welche sonst verloren gehen würde, und weil ohne diefs die ganze Menge der feuerbeständigen Bestandtheile sich nicht bestimmen lassen würde.

Man thut am besten, die Quantität der feuerbeständigen Bestandtheile organischer Substanzen auf die Weise zu bestimmen, dafs man den salzsauren Auszug der Kohle, mit der Asche derselben gemengt, abdampft, den bis zur Verkohlungstemperatur erhitzten Rückstand wägt, und davon die Differenz der beiden Quantitäten Chlor abzieht,

welche einmal in diesem Rückstande, das andere Mal in dem wäfsrigen Auszuge der Kohle einer gleichen Menge organischer Substanzen gefunden worden sind, und eine derselben aequivalente Menge Sauerstoff dazutritt.

Wenn man dann die gefundenen Basen und Säuren in Form der Salze berechnet, als welche sie in der organischen Substanz enthalten gewesen seyn mufsten, so wird so viel Basis unverbunden übrig bleiben, als in derselben vor der Verkohlung an organische Säuren gebunden gedacht werden mufs.

In einem Aufsatze »über die Bestimmung der Magnesia durch phosphorsaures Natron etc.« [1]), in welchem meine Angabe, wonach die pyrophosphorsaure Magnesia in ammoniakalischem Wasser nicht unlöslich ist, bestätigt wird, weist Weber nach, dafs durch blofses Erhitzen mit Säuren die Pyrophosphorsäure nur unvollständig in die gewöhnliche Modification umgewandelt wird, dafs aber durch Behandeln derselben mit *concentrirter* Schwefelsäure dieser Zweck möglichst annähernd erreicht wird. Da nun die Phosphorsäure, nach der von mir angegebenen Methode, sie zu bestimmen, mit Schwefelsäure aus ihrer Verbindung mit Bleioxyd abgeschieden werden mufs, so werden die nach derselben erhaltenen Resultate der Wahrheit möglichst nahe kommen, wenn man sich dazu der *concentrirten* Säure bedient. Wenn man aber ganz sicher gehen will, so thut man am besten, die aus dem Bleisalze abgeschiedene Säure, welche noch mit Salpetersäure und Schwefelsäure gemischt ist, von ersterer durch Abdampfen zu befreien, den Rückstand mit kohlensaurem Natron stark zu übersättigen und zu schmelzen. Aus der wieder aufgelösten Masse kann dann die Phosphorsäure, nachdem die Flüssigkeit mit Salzsäure sauer gemacht worden ist, mit Ammoniak und schwefelsaurer Magnesia vollständig gefällt werden.

1) Diese Annalen, Bd. 73, S. 137. Zu der Vermuthung des Hrn. Weber, a. a. O. S. 145, ich möchte auch bei den in Rede stehenden Versuchen die Schmelzung über einem Spiritusgebläse ausgeführt haben, bemerke ich, dafs er sich darin nicht geirrt hat, und dafs daher meine Versuche in den seinigen Bestätigung finden, und umgekehrt.

XI. *Untersuchung über die Interferenzen der Wärmestrahlen;* *von den HH. H. Fizeau und L. Foucault.*

(*Compt. rend., T. XXV, p.* 447.)

Die Versuche, welche Gegenstand dieser Abhandlung ausmachen, haben den Zweck, zu ermitteln, ob die Wärmestrahlen, gleich den Lichtstrahlen, die Eigenschaft des Interferirens oder gegenseitigen Einwirkens besitzen, so dafs sie einander, je nach den Umständen, verstärken oder vernichten.

Das angewandte Beobachtungsverfahren besteht in dem Studium der Wärmevertheilung bei verschiedenen Erscheinungen, welche durch die Interferenz von Lichtstrahlen veranlafst werden. Die unter diesen Umständen entstehenden Fransen sind ihrer Natur nach wenig intensiv und von geringer Ausdehnung; man mufste also zu sehr feinen thermoskopischen Mitteln seine Zuflucht nehmen.

Wir haben zu diesem Studium Weingeistthermometer angewandt, denen man sehr kleine Dimensionen und zugleich eine grofse Empfindlichkeit geben kann. Sie wurden abgelesen mittelst eines Mikroskops, das im Ocularstück mit einer Theilung versehen war.

Das beste Thermometer, welches wir uns zu diesen Untersuchungen verschaffen konnten, hat einen kugelförmigen Behälter von nicht über $1^{mm},1$ Durchmesser, und dennoch hat ein Centesimalgrad eine Länge von 8 Millimeter auf dem Stiel. In dem Ocularstück des Mikroskops war ein in Zehntel-Millimeter getheiltes Mikrometer angebracht, und so konnte man sich versichern, dafs jede von der Weingeistsäule durchlaufene Abtheilung $\frac{1}{400}$ Grad entsprach.

Das Instrument war in eine genau verschlossene Hülle gebracht, um es gegen Luftzug und plötzliche Temperaturänderungen zu schützen. Mehre durch Fenster verschlossene Oeffnungen erlaubten die zum Versuch bestimmten

Strahlen einzulassen und die Weingeistsäule mit dem aufserhalb angebrachten Mikroskop zu beobachten. Eine besondere Vorkehrung erlaubte überdiefs sich der Lage des Thermometers inmitten der Lichtfransen genau zu versichern.

Successive Beobachtungen an sehr dicht zusammenliegenden Punkten liefsen die Wärmevertheilung erkennen. Für jeden Punkt war die Beobachtung eine doppelte, eine bei Zulassung der Strahlen, die andere bei Abhaltung derselben. Das Mittel aus beiden Ablesungen gab die Temperaturerhöhung aus der Wirkung der Strahlen. Die Temperaturveränderungen der Hülle waren immer langsam und regelmäfsig; ihr Einflufs war also vernichtet.

Auf diese Weise studirten wir die Wärmevertheilung bei den Hauptphänomenen, wo Interferenzen von Lichtstrahlen auftreten. Nach einigen Versuchen erkannten wir, dafs, ungeachtet der Empfindlichkeit unserer thermometrischen Mittel, diefs Studium nicht anders als mit Anwendung von Sonnenstrahlen möglich war, indem alle übrigen Licht- und Wärmequellen viel zu schwach sind.

1) *Fransen erzeugt mittelst zwei gegen einander geneigten Spiegel.* — Als wir diese Fransen von so grofsen Dimensionen erzeugten, dafs der Behälter des Thermometers nur ein Viertel einer hellen Franse einnahm, erhielten wir unzweifelhafte Anzeigen von Interferenz in der Nähe der mittleren weifsen Franse. Bei einer in der Abhandlung angegebenen Beobachtung, fanden wir für die Temperaturerhöhung folgende Zahlen, ausgedrückt in Abtheilungen des Mikrometers: 20,9; 35,9; 20,0. Die höchste Zahl entspricht der mittlichen Franse, und die beiden kleineren der ersten dunklen Franse, welche jene zur Rechten und Linken begränzen.

Die Versuche wurden mehrfältig abgeändert, und alle bewiesen übereinstimmend, dafs es bei dieser Erscheinung Wärmefransen giebt von ähnlichen Dimensionen wie die Lichtfransen.

2) *Spectra mit hellen und dunklen Streifen, erhalten durch prismatische Zerlegung der Interferenzphänomene, welche im*

polarisirten Licht durch Krystallplatten erzeugt werden. — Bildet man aus dem Licht, welches durch combinirtem Einfluſs der Polarisation und Doppelbrechung modificirt worden ist, ein Spectrum, unter Umständen, wo bei kleinen Dicken des doppelbrechenden Körpers sich die Farben der Krystallblättchen zeigen würden, so ist dasselbe ein discontinuirliches, gebildet aus abwechselnd hellen und dunklen Fransen, die aus der Interferenz der beiden durch die Doppelbrechung der Krystallplatte erzeugten Strahlen entstehen.

Dieser Versuch ist in einer früheren Arbeit über die Interferenzphänomene im Falle groſser Gangunterschiede umständlich beschrieben [1]). Wir erinnern nur, daſs es unter diesen Umständen, obwohl die Beobachtung gleichzeitig mit Strahlen von allen Farben geschieht, sich eben so verhält, wie wenn man bei einfachem Lichte beobachtete, denn die Effecte der Interferenz sind für jeden einfachen Strahl deutlich und gesondert.

Die Untersuchung der Wärmevertheilung in diesen Spectris bot ein besonderes Interesse dar, vor allem weil es möglich war, unter dem Gesichtspunkt der Interferenzen die dunklen Wärmestrahlen zu studiren, welche Herschel jenseits des rothen Endes des sichtbaren Spectrums entdeckt hat.

Für den Fall einer Gypsplatte von $0^{mm},83$ Dicke wollen wir das Detail der Resultate beibringen. Eine Platte von dieser Dicke erzeugt im Spectrum acht dunkle Streifen. Die hellen Streifen dazwischen hatten eine solche Breite, daſs das Thermometer ein Sechstel von dem im Gelb liegenden Streifen einnahm. Für den Theil des Wärmespectrums, der aus den jenseits des Roths liegenden undurchsichtigen Strahlen gebildet war, ward die Lage des Thermometers bei jeder Beobachtung bestimmt und auf das sichtbare Spectrum bezogen.

Aus diesem Studium geht hervor, daſs in dem sichtbaren

1) Diese Annalen, Ergänzbd. II., S. 355.

ren Spectrum die Wärme wie das Licht vertheilt ist, dafs die Mitte der hellen Streifen ein Maximum, und die Mitte der dunklen ein Minimum der Wärme darbietet. In der Gegend des unsichtbaren Spectrums ist die Vertheilung analog; man bestimmte die Lage von vier nicht warmen Streifen, getrennt durch Wärmestreifen.

Um von diesen in der Gegend der unsichtbaren Wärme aufgefundenen Interferenzstreifen die in dieser Gegend von J. Herschel nachgewiesenen Intensitätsungleichheiten zu unterscheiden, that man dar, dafs sie verschwanden, wenn man den Hauptschnitt der Gypsplatte um 45° drehte. Wir haben nämlich gefunden, dafs diese Intensität auf eine sehr unregelmäfsige Weise variirt. Bei einem Abstand vom Strich *A*, gleich dem, der diesen Strich vom Strich *D* trennt, haben wir einen sehr breiten Strich angetroffen, worin keine merkliche Wärme vorhanden ist.

Dreht man eine der Polarisationsebenen um 90°, so entsteht ein zum vorigen complementares Spectrum, welches auf dieselbe Weise studirt wurde. Die Wärmestreifen sind alsdann ersetzt durch nicht-wärmende Streifen und umgekehrt.

Ersetzt man die Gypsplatte durch eine gegen die Axe senkrechte Bergkrystallplatte, so kann man in dem Spectrum die Drehungen bemerken, welche die Polarisationsebenen der Farben seitens dieses Krystalls erlitten haben. Das Phänomen besteht in ähnlichen Streifen wie die früheren; auch ist die Wärmevertheilung ähnlich.

Fügt man zu den Modificationen, welche die Strahlen unter den eben angeführten Umständen erleiden, noch die, welche aus totaler Reflexion im Fresnel'schen Parallelepiped entspringen, so erzeugt man mannigfaltige Interferenzphänomene, die sich im Spectrum immer unter verschiedenartig gelagerten Streifen zu erkennen geben. Die Wärmemittheilung folgt allen diesen Veränderungen.

So findet man immer 1) dafs die Interferenzstreifen sich allemal in der ganzen Ausdehnung des Wärmespectrums zeigen, wenn sie im Lichtspectrum vorhanden sind, und

2) daſs in der ganzen Ausdehnung des Lichtspectrums die Lichtstreifen mit den Wärmestreifen zusammenfallen.

3) *Diffraction, erzeugt durch einen einzigen geradlinigen Rand.* — Wir haben überdieſs den einfachsten Fall der Lichtbeugung studirt, denjenigen, wo man Fransen durch den geradlinigen Rand eines Schirms erzeugt. Da dieſs Phänomen nothwendig sehr schwach ist, so bot sein Studium groſse Schwierigkeiten dar. Indeſs erhielten wir interessante Resultate, indem wir Fransen von solchen Dimensionen erzeugten, daſs die Hälfte des Raums zwischen der ersten und zweiten dunklen Franse, wie man sie in rothem Lichte sieht, vom Thermometer eingenommen ward. Die Lage der geometrischen Gränze des Schattens wurde durch ein besonderes Verfahren ermittelt.

Wenn man das anfangs im Innern des Schattens liegende Thermometer allmälig in den erhellten Theil führt, so bemerkt man, daſs es zu steigen anfängt, bevor es die geometrische Gränze des Schattens erreicht. Es fährt fort rasch zu steigen, wenn es in die erste helle Franse kommt, und erreicht ein Maximum gegen den Rand dieser Franse, welcher der ersten dunkeln Franse zugewandt ist; darauf fällt es stetig, in dem Maaſse als es weiter in den hellen Raum eindringt, um bald einen stationären Zustand zu erreichen. Es ist also in dem von der ersten hellen Franse eingenommenen Raum eine Wärme-Diffractionsfranse vorhanden, in welcher die Temperatur höher ist als in den Punkten, zu denen die Strahlen direct, unmodificirt durch den Schirm, gelangen.

XII. *Ueber die Theorie des Thaus; von Hrn. Melloni.*

(Aus einem Briefe von Hrn. Arago. *Compt. rend., T. XXV, p.* 499.)

Meine Studien des Thaus haben aufser Zweifel gesetzt [1]), dafs wenn auch das Wells'sche Princip richtig ist, doch die Theorie, welche denselben Namen führt, unrichtig oder wenigstens unvollständig ist. Ich glaube den Satz deutlich genug ausgesprochen (*formulé*) zu haben, um zu keinem Mifsverständnifs Anlafs zu geben; allein beim Lesen verschiedener periodischer Blätter ist mir vorgekommen, dafs man ihn völlig entstellt hat. In der That, die Herausgeber dieser Blätter, sich stützend vielleicht auf die Meinung Desjenigen von ihnen, der zuerst Bericht darüber erstattete, führen nur den ersten Theil meines Theorems an, und übergehen den zweiten mit Stillschweigen. Der Leser wird sonach zu dem Glauben verleitet, dafs meine Arbeit alleinig bezwecke die Theorie von Wells zu bestätigen, wie man sie in allen Lehrbüchern der Physik und Meteorologie entwickelt findet; und gerade der entgegengesetzte Schlufs ist es, zu dem meine Versuche führen. Ich will versuchen, dieses besser begreiflich zu machen, indem ich von den Daten selbst ausgehe, die dieser Theorie zur Grundlage dienen.

Denken wir uns zwei Paare von Thermometern eingeschlossen in ihre Metallhülle und aufgehängt mittelst Drähte oder metallener Stützen nach der in meinem ersten Briefe beschriebenen Methode. Nehmen wir an, jedes dieser Paare bestehe aus einem Thermometer mit blanker Hülle und einem mit geschwärzter. Nehmen wir endlich an, man befestige, in einer stillen und heiteren Nacht, das eine Paar dicht über dem Grase einer offenen Wiese, und das andere in einer Höhe von 4 bis 5 Fufs, so, dafs die beiden Thermometer eines jeden Paares sich in gleichem Niveau befinden.

1) S. Annalen, Bd 71, S. 416 und 424.

Nachdem die Thermometer einige Augenblicke gelegen haben, wird man die geschwärzten etwa 1°,5 unter die blanken neben ihnen fallen sehen. Dennoch giebt das untere Paar ganz andere Temperaturen als das obere. Bei windstillem und heiterem Wetter erreicht der Unterschied zuweilen 5 bis 6 Grad; und da das untere Paar stets die niedrigsten Angaben liefert, so folgern wir daraus, dafs die beobachteten Unterschiede zwischen den Anzeigen beider Instrumentenpaare alleinig herrühren von den verschiedenen Temperaturen der Luftschichten, in welche sie eingetaucht sind, und dafs folglich in windstillen und heiteren Nächten die Temperatur der Luft mit Annäherung an den Boden rasch abnimmt.

Nun besteht der Versuch, auf welchem die Wells'sche Theorie beruht, in der oftmals wiederholten Beobachtung, dafs ein gewöhnliches Thermometer, auf Gras gelegt, viel niedriger steht als ein 4 bis 5 Fufs über dem Boden angebrachtes; und daraus hat man geschlossen, das Gras erkalte sich durch Strahlung gegen den Himmel um mehre Grade. Allein man kann sich leicht überzeugen, dafs diese Folgerung keineswegs erlaubt ist! In der That legen Sie eins ihrer Thermometer mit nackter Glasfläche auf das Gras und halten das andere frei in der Luft in gleichem Abstand vom Boden, so werden Sie beide Instrumente dieselbe Temperatur angeben sehen. Niemand würde aber läugnen, dafs man nach der alten Methode so verfahren müfste, um zu beweisen, dafs das Gras sich unter das umgebende Mittel erkalte. Man ist also genöthigt einzuräumen, dafs die Fundamentaldata der Wells'schen Theorie unbeweisend sind, 1) weil die Oberfläche der angewandten Thermometer so gut ausstrahlte wie die Blätter des Grases, und 2) weil das zur Messung der Lufttemperatur bestimmte Thermometer sich in einer atmosphärischen Schicht befand, die wärmer war als die, welche das mit dem anderen Thermometer in Berührung stehende Gras umgiebt.

Der Satz von der Fällung des Thaus vermöge der durch Ausstrahlung der Körper entstehenden Kälte ist, ich wie-

derhole es, vollkommen richtig, aber die Wells'sche Theorie ist falsch. Die Ursache dieser Unrichtigkeit entspringt offenbar daraus, dafs man bei der Erzeugung der Kälte, die sich successive dicht am Erdboden entwickelt, den Einflufs der Luft gänzlich vernachlässigt hat. Man hat wohl ziemlich unbestimmt gesagt, dafs die ausstrahlenden Körper, die sich in einer gewissen Höhe befinden, ihre Temperatur nicht so stark erniedrigen könnten als die dicht am Boden befindlichen, weil sich um die ersteren herum niedersteigende Ströme bilden, welche bei den anderen nicht vorhanden seyen; aber diefs war unzulänglich, um die wahre Rolle der Luft bei der Thaubildung zu erweisen.

Man mufste zeigen, wie ich es glaube zuerst gethan zu haben, dafs die dicht am Boden befindliche Luft, trotz ihrer Unfähigkeit sich durch Strahlung zu erkalten, mächtig zur Temperaturerniedrigung der von ihnen umhüllten Pflanzen beiträgt, mittelst einer Reihe von Actionen und Reactionen, deren Ursache und Wirkungen, irre ich mich nicht, klar in meinem zweiten Briefe auseinandergesetzt sind [1]).

XIII. *Ueber das Gefrieren des Quecksilbers und dessen latente Schmelzwärme; von Hrn. C. C. Person.*

(*Comptes rendu, T. XXV, p.* 331.)

Nachdem ich die latente Schmelzwärme des Bleis, Zinns, Wismuths und Zinks gemessen hatte [2]), nahm ich mir vor, auch die des Quecksilbers zu bestimmen. Um etwas bedeutende Massen desselben zum Gefrieren zu bringen, bediente ich mich dünner Metallgefäfse, die einander einschlossen und zwischen sich leere Räume liefsen, was ein vor-

1) Annalen, Bd. 71, S. 424.

2) Annalen, Bd. 70, S. 300.

treffliches Mittel zur Verhütung der Erwärmung ist. In diesem Apparat bringen 400 Grm. Chlorcalcium und 300 Grm. Schnee leicht 700 Grm. Quecksilber zum Gefrieren, wenn das Wetter trocken und die Temperatur Null ist. Bekanntlich mufs das Chlorcalcium als feines und trocknes Pulver angewandt werden, aber doch all sein Krystallwasser enthalten. Um es, ohne schwieriges Pülvern, in diesem Zustand zu erhalten, bestimmte ich den Siedpunkt einer Lösung dieses Salzes im Moment, da das darin enthaltene Wasser sich genau auf das Krystallwasser reducirte. Dieser Punkt liegt bei 129° C. Dann liefs ich sie erkalten und im Moment, da die Krystallisation begann, was bei 89° C. geschieht, schüttelte ich das Ganze bis Alles erstarrt war. Auf diese Weise erhält man ein trocknes und sehr feines Pulver. Es ist auch wesentlich, dafs der Schnee vollkommen trocken sey. Diefs erlangt man, indem man ihn in ein mit Kältemischung umgebenes Gefäfs bringt und darin ab und zu schüttelt; er zerfällt dann zu einem feinen Pulver, dafs wie Sand aus einem Sandfafs fliefst.

Die gröfste Kälte, welche ich mit Chlorcalcium erhalten habe, beträgt — 48°,5 C. Um diese Temperatur wohl zu charakterisiren, mufs ich sagen, dafs ich mich eines mit fast absolutem Alkohol gefüllten Thermometers bediente, das in einem Gemenge von Chlornatrium und Eis —20°,3 C. angab, während ein Quecksilberthermometer darin —21°,3 C. zeigte. Es ist die höchste Kälte, die man mit diesem Gemenge erreichen kann.

Das Quecksilber befand sich in einer cylindrischen Flasche von jenem sehr dünnen Messing, welches man in Frankreich *cuivre gratté* nennt. Die Flasche war in einem Besteck enthalten, das mitten in dem Kältegemisch stand. Zur Gefrierung von 700 Grm. Quecksilber waren 40 bis 50 Minuten erforderlich.

Sey v das Wasser-Aequivalent des als Calorimeter dienenden Gefäfses; darin den Umrührer und das Thermometer mit begriffen; P das Gewicht der angewandten Flüssigkeit, C deren specifische Wärme; T, T' die Temperaturen

zu Anfange und Ende; a die ihr während des Versuchs von aufserhalb zukommende Temperatur; m das Gewicht des Quecksilbers; t, t' dessen Temperaturen zu Anfang und Ende; μ das Aequivalent des Gefäfses, worin es enthalten; c seine specifische Wärme, welche für den starren Zustand dieselbe ist wie für den flüssigen; endlich l seine latente Wärme, so hat man:

$$l = \frac{(PC+\nu)(T-T')+a}{m} - \left(C+\frac{\mu}{m}\right)(t'-t).$$

Es wurden zwei Flüssigkeiten angewandt, Wasser und Terpenthinöl. Folgendes sind die Resultate dreier Versuche, wobei $\nu = 16,7$ und $\mu = 2$:

P.	C.	T.	T'.	a.	m.	t.	t'.	l.
971,4	0,420	7,089	2,066	0	478,6	−43	2,0	2,77
971,8	0,420	7,815	0,590	91	705,0	−44	0,6	2,86
1131,9	1,000	6,897	4,074	3	704,7	−45	4,0	2,83

Wie man sieht herrscht ein vollständiger Einklang zwischen den drei Werthen von l, dessen Mittel 2,82 ist. Um also 1 Kilogrm. Quecksilber zu schmelzen, bedarf es nicht ganz so viel Wärme als um 1 Kilogrm. Wasser drei Grad zu erhöhen. Man mufs bemerken, dafs das Verhältnifs der latenten Wärmen des Wassers und des Qucksilbers fast dasselbe ist wie das der specifischen Wärmen, so dafs, für Quecksilber wie für Wasser, die zur Schmelzung nöthige Wärme fast das 80fache von der ist, welche die Temperatur der Flüssigkeit um einen Grad ändert.

Bei einer anderen Gelegenheit habe ich bemerkt, dafs die zum Schmelzen der Metalle erforderlichen Wärmemengen die Ordnung der Zähigkeit befolgen, so dafs das Blei, welches unter denen, die ich bisher untersuchen konnte, das wenigst zähe ist, auch die kleinste Wärmemenge zum Schmelzen erfordert. Da nun 2,82 Wärmeeinheiten zum Schmelzen von 1 Kilogrm. Quecksilber nöthig sind, während es 5,15 für 1 Kilogrm. Blei bedarf, und überdiefs die Atomgewichte und die Dichtigkeiten beider fast gleich sind, so folgt, dafs die Cohäsion des starren Quecksilbers wahrscheinlich noch geringer ist als die des Bleis.

XIV. *Ueber die anomale specifische Wärme gewisser Legirungen und deren freiwillige Erwärmung nach dem Gestehen;* *von Hrn.* C. C. Person.

(*Compt. rend., T. XXV, p.* 444. (Auszug vom Verfasser.)

Für die gegen 100° C. schmelzbaren Legirungen hat Hr. Regnault eine bedeutend gröfsere specifische Wärme gefunden als das Mittel der der darin enthaltenen Metalle, und er hatte sich vorgenommen zu untersuchen, ob diese Anomalie in niederen Temperaturen verschwinde. Die in meiner Abhandlung beigebrachten Versuche zeigen, dafs sie in der That verschwinden. So fand ich für die D'Arcet'sche Legirung, von 94° C. ausgehend, $c=0{,}069$, und von 50° ausgehend, $c=0{,}037$; da das berechnete Mittel $c=0{,}036$ giebt, so sieht man, dafs der Unterschied bis auf ein Geringes verschwindet. Die Hauptschwierigkeit bei diesen Untersuchungen war: die Legirungen bis zu sehr festen, unterhalb 100° C. liegenden Temperaturen zu erwärmen. Ich wandte zu dem Ende einen sehr einfachen, in meiner Abhandlung abgebildeten Darrofen an.

Nach Aufhellung dieses Punktes zeige ich, dafs der Wärmeüberschufs, welchen man bei dieser Legirung nahe an ihrem Schmelzpunkt beobachtet hat, nicht von einem anfangenden Schmelzen herrührt, wie man wohl glauben könnte, sondern von einer neuen Art latenter Wärme, deren Entwicklung der folgende Versuch zu verfolgen erlaubt. Ein Glaskügelchen voll der in Rede stehenden Legirung wird solchergestalt isolirt, dafs man ihr Erkalten beobachten kann. Es befindet sich zu dem Ende in der Legirung ein Thermometer, dessen Gang man mit einem Fernrohr und einem Chronograph verfolgt. Gesetzt das Kügelchen enthalte 150 Grm. der D'Arcet'schen Legirung; das Thermometer, welches, als die Legirung flüssig war, gegen 130° C., fünf bis

sechs Secunden gebrauchte, um einen Grad zu fallen, braucht mehr als vier hundert, um die beiden Grade zwischen 96° und 94° zu durchsinken. Diefs ist ganz einfach: die latente Wärme entweicht innerhalb dieser Zeit. Nach vollendeter Erstarrung nimmt das Thermometer wieder einen regelmäfsigen Gang an, sinkt, bis gegen 57° C., um einen Grad in 10 bis 12 Secunden; allein nun bleibt es mit einem Male stehen und steigt selbst um 1 bis 2 Grad. Zu gleicher Zeit berstet das Kügelchen wegen bedeutender Ausdehnung der ganzen Masse, einer Ausdehnung, die nach der Erkaltung anhält, so dafs das Thermometer, welches anfangs stark eingezwängt (*serré*) war, jetzt frei und beweglich ist.

Es findet also hier in der Constitution der Legirung eine Veränderung statt, und die dabei sich entwickelnde Wärme ist so grofs, dafs sie das Thermometer mehr als vier hundert Secunden lang zwischen 58° und 56° hält, während es sogleich um 1° in 10 bis 12 Secunden fiel. Die Wärmeentwicklung fährt also sehr lange fort; den Beweis giebt die aufserordentliche Langsamkeit der Erkaltung.

Um die Wärme zu messen, wandte ich ein Verfahren an, dessen Rudberg sich bei einer anderen Gelegenheit bedient hat; allein ich wandte es neben einer Controle an, die demselben, glaube ich, die Unsicherheit nimmt, welche ihm Hr. Despretz vorwarf. Ich verfolge das Erkalten der Legirung und das eines anderen Körpers, der möglichst identisch ist und sich unter gleichen Umständen befindet, vergleichend mit dem Chronograph. Da die von diesem Körper bei jedem Grad verlorne Wärme bekannt ist, so habe ich schon angenähert die, welche die Legirung verliert. Allein überdiefs messe ich mit dem Calorimeter, was die Legirung zwischen dieser und jener Temperatur verliert, und es mufs mir also die Messung durch Erkaltung dieselben Zahlen geben. Ich habe also, wie gesagt, ein Mittel der Controle und der Correction. Die sonach berichtigte Erkaltungstafel giebt die von der Legirung in jedem Augenblick verlorene Wärme; man verfolgt dadurch

alle Veränderungen, welche ihr in der specifischen Wärme überkommen; die latente Schmelzwärme, so wie die aus der Constitutions-Aenderung entspringende, findet sich dadurch gemessen; die letztere beträgt für die D'Arcet'sche Legirung etwa drei Wärmeeinheiten.

Eine andere Art zur Messung derselben ist zwar weniger genau, führt aber zu einem sonderbaren Resultat. Nachdem ich die Legirung geschmolzen habe, lasse ich sie erstarren, und darauf nur bis z. B. 94° C. erkalten, damit die Zersetzungswärme nicht entweiche. Nun tauche ich sie in das Calorimeter und ziehe 7,4 Wärmeeinheiten aus ihr. Dann erhitze ich sie wieder bis 95°, und kann nur noch 5,2 Wärmeeinheiten aus ihr gewinnen, so dafs ich zu dem paradoxen Resultat gelange, dafs ein und derselbe Körper weniger Wärme enthält, wenn er heifser ist. Der Unterschied von 2,2 Wärmeeinheiten entspringt daraus, dafs die wieder bis 95° erwärmte Legirung nur zum Theil die Constitutions-Aenderung erfahren hat.

Wenn man die Legirung, nachdem sie geschmolzen ist, durch Eintauchen in Wasser plötzlich erkaltet, und sie herauszieht, sobald man sie anfassen kann, so erwärmt sie sich nach einigen Augenblicken bis zu dem Punkt, dafs man sich die Finger verbrennt. Die plötzliche Erkaltung widersetzt sich hier der Constitutions-Aenderung; allein es tritt ein Moment ein, wobei zuletzt die Disposition der Molecüle nicht mehr verträglich ist mit einer so niedrigen Temperatur; alsdann erfolgt eine neue Anordnung. Und weil sie sonach verspätet worden, erzeugt sie sich mit weit gröfserer Energie, d. h. in einer viel kürzeren Zeit; man beobachtet nicht allein kein langsames Erkalten, sondern eine Erwärmung, welche die Masse auf 70° C. bringen kann.

Kurz der Wärmeüberschufs, welchen die Legirungen entlassen, wenn sie bis nahe zu ihrem Schmelzpunkt erwärmt worden sind, entspringt nicht aus der latenten Schmelzwärme, und kann auch nicht als blofse specifische Wärme betrachtet werden, sondern er rührt gröfstentheils von einer Constitutions-Aenderung her, welche in einer vollstän-

dig erstarrten Legirung, und zwar unterhalb ihres Schmelzpunkts eintreten kann.

XV. *Ueber die diamagnetische Polarität;* *von J. C. Poggendorff.*

(Vorgetragen in der K. Academie am 16. Dec. 1847.)

Im vorigen Hefte dieser Annalen (S. 241) hat Hr. Professor Weber durch eine Reihe feiner Messungen dargethan, dafs das Verhalten diamagnetischer Körper in der Nähe kräftiger Magnete auf einer ihnen von diesen eingeprägten, der magnetischen geradezu entgegengesetzten Polarität beruht, und darauf gestützt, hat er die Ansicht ausgesprochen, dafs diese Polarität aus elektrischen, nach den bekannten Inductionsgesetzen hervorgerufenen Molecularströmen entspringe, — eine Ansicht, die zwar schon beiläufig von Faraday geäufsert, aber nicht festgehalten und ausgebildet, sondern gegen die von einer indifferenten Repulsion vertauscht worden ist, wohl hauptsächlich deshalb, weil eine Kugel, so gut wie ein Stab aus Wismuth, der magnetischen Abstofsung unterliegt, und weil andererseits zwei Wismuthstäbe, die gleichzeitig dem Einflufs eines kräftigen Magnets ausgesetzt sind, keine bisher nachweisbare Wirkung aufeinander üben.

Die Wichtigkeit der Frage, ob die Erscheinungen, welche die frei neben einem Magnet aufgehängten diamagnetischen Körper darbieten, auf einer indifferenten oder einer polaren Abstofsung beruhen, gab Veranlassung mich zu bemühen, das vom Prof. Weber gewonnene Resultat wo möglich ohne Messungen, durch einen einfachen, augenfällig überzeugenden Versuch zu erlangen. Und dieses ist mir in der That vollkommen gelungen, sogar auf zweifache Weise.

Das erste Verfahren besteht darin, dafs man einem Wis-

muthstäbchen, während es neben dem einen Pol, z. B. dem Nordpol, eines kräftigen Elektromagnets an einem Coconfaden in aequatorialer Lage hängt, von derselben Seite her den Südpol eines kleinen Stahlmagnets nähert. Bei einiger sich leicht ergebender Vorsicht kann man dann deutlich sehen, dafs die dem elektromagnetischen Pol zugewandte Seite des Stäbchens vom Stahlmagnet angezogen wird [1]). Es ist gut, den Versuch an der vom Südpol des Elektromagnets abgewandten Seite anzustellen, damit dieser Pol den Pol des Stahlmagnets nicht schwäche oder gar umkehre. Statt des Stahlmagnets könnte man natürlich auch und wohl gar mit Vortheil einen kleinen Elektromagnet anwenden.

Noch überzeugender ist das zweite Verfahren, welches von dem ersten darin abweicht, dafs man den Stahlmagnet durch einen galvanischen Strom ersetzt. Das Wismuthstäbchen wird zu dem Ende zwischen beiden Polen des Elektromagnets aufgehängt, und zwar innerhalb eines Drahtgewindes, dessen Windungen das Stäbchen, bei seiner aequatorialen Stellung, rechtwinklich umgeben würden. Ein Strom, der, ohne dafs man den Elektromagnet in Thätigkeit gesetzt hat, durch dieses Drahtgewinde geleitet wird, wirkt nicht auf den Wismuthstab; so wie aber der Elektromagnet zur Wirksamkeit gelangt ist und den Stab in aequatoriale Lage gebracht hat, kann man letzteren durch den Strom aus dieser Lage ablenken, rechts und links, je nach der Richtung des Stroms, und zwar immer in dem Sinn, wie die Ablenkung erfolgen mufs, wenn die Seiten des Stabes gleiche Polarität mit den ihnen zugewandten Magnetpolen besitzen. Die Wirkung ist im Ganzen schwach, aber

1) Aehnlich, aber freilich umgekehrt, verhält es sich mit Eisen. Hängt man einen Eisenstab über einen starken Magnet auf, so wird das z. B. über dem Nordpol schwebende Ende südpolar; nähert man nun diesem Ende den Südpol eines schwächeren Magnets, so stöfst er dasselbe ab, während er es angezogen haben würde, wenn der starke Nordpol nicht vorhanden gewesen wäre. Der starke Magnetpol ruft in dem Eisenstab die magnetische Vertheilung hervor, der schwache wirkt auf diese, ohne wesentlich eine entgegengesetzte zu veranlassen.

unverkennbar. Am besten tritt sie hervor, wenn man den ablenkenden Strom pausenweise mehrmals hinter einander wirken läfst, entweder in Uebereinstimmung oder in Widerspruch mit den kleinen zufälligen Schwingungen, welche der Stab schon besitzt. Man kann dann, nach Belieben, diese Schwingungen vergröfsern oder vollkommen aufheben. Eben so verhält es sich mit Antimon und Phosphor.

Ein in aequatorialer Lage zwischen kräftigen Magnetpolen schwebender Stab von Wismuth oder ähnlichem Material ist also wirklich *transversal-magnetisch*, aber freilich im umgekehrten Sinn, wie der verewigte Seebeck es sich dachte.

Der angewandte Elektromagnet ist nur klein, ein runder, etwa 20 Millimet. dicker und 350 Millimet. langer, hufeisenförmig gebogener Eisenstab, dessen Schenkel 50 Millimet. auseinanderstehen und mit vier Pfund Kupferdraht von 1,8 Millimet. Dicke auf aufgeschlitzten Messinghülsen zweckmäfsig umwickelt sind. Zu obigen Versuchen war er durch eine Batterie von drei meiner kleinen Grove'schen Bechern angeregt, während ein vierter Becher der Art den Strom für das Drahtgewinde lieferte. Wie leicht ersichtlich, mufs zwischen den beiden Kräften, nämlich der starken magnetischen, welche die diamagnetische Polarität hervorruft, und der galvanischen (oder schwachen magnetischen), die auf den polaren Stab ablenkend wirken soll, ein gewisses Verhältnifs bestehen. Je gröfser die erste, je gröfser mufs auch die letztere seyn.

Prof. Weber wurde zu seinen Untersuchungen hauptsächlich durch die Erfahrung des Prof. Reich geleitet, dafs ungleichnamige Magnetpole, von derselben Seite her einem aufgehängten Wismuthstäbchen genähert, nicht mit der Summe, sondern mit der Differenz ihrer Kräfte auf dasselbe wirken. Eine ähnliche Beobachtung hatte ich bereits früher gemacht. Wenn beide Pole eines Magnets indifferent auf einen Wismuthstab abstofsend wirken, schlofs ich, so ist kein Grund vorhanden, warum ein Magnet nur gerade mit seinen Polen auf denselben wirken soll; er mufs

mit seinem Indifferenzpunkt dieselbe, wo nicht gar eine stärkere Wirkung ausüben. Als ich indeſs ein Wismuthstäbchen neben der Biegung meines Elektromagnets aufhing und diesen in Thätigkeit versetzte, konnte ich nicht die allergeringste Wirkung wahrnehmen.

Zum Trost für alle Diejenigen, welche nicht im Stande sind sich so riesenhafte Beobachtungsmittel anzuschaffen, wie dem berühmten englischen Physiker zu Gebote standen, will ich hier die Bemerkung hinzufügen, daſs man, wenn auch nicht alle, doch schon sehr viele der hauptsächlichsten Erscheinungen des neuen von ihm entdeckten Gebiets der Wissenschaft mit dem vorhin erwähnten Elektromagnet recht deutlich beobachten kann.

Ich rechne dahin den Magnetismus des Platins, Palladiums und Titans, den der Lösungen von Eisen, Nickel und Kobalt, den des gewöhnlichen Papiers, Holzes u. s. w.;

die Inductionsströme in Stäben von Kupfer, Silber u. s. w. beim Eintreten und Aufhören der Thätigkeit des Elektromagnets;

den Diamagnetismus des Wismuths, Antimons, Phosphors, Kupfers, Silbers, Zinns, Steinsalzes, Elfenbeins, Schellacks, Glases und vieler ähnlichen Substanzen;

den scheinbaren Diamagnetismus einer mit Nickel- oder Kobaltlösung gefüllten Glasröhre in Eisenlösung;

endlich den von Prof. Plücker entdeckten Diamagnetismus der Krystalle und ähnlicher mit Gefüge versehener Körper, wenigstens an einer der Axe parallelen Kalkspathplatte und an Kügelchen aus Sonnenblumenmark.

Zu einigen dieser Erscheinungen braucht der Elektromagnet nur durch eine einzige Grove'sche Kette erregt zu werden, zu anderen sind deren drei oder vier erforderlich. Bei so schwachen Beobachtungsmitteln finde ich es besonders vortheilhaft, bloſs einen der Pole des Elektromagnets anzuwenden (für welchen Fall es auch gut ist, die ganze zur Verfügung stehende Drahtmasse auf den einen Schenkel zu

wickeln) und die zu prüfenden Substanzen neben demselben aufzuhängen. Bringt man sie dann bei Erregung des Elektromagnets auch nicht gerade in eine aequatoriale Stellung, so sieht man doch sehr deutlich, welche abgestoſsen und welche angezogen werden, besonders wenn man das Ganze zur Abhaltung von Luftzug in ein Glasgehäuse gebracht hat, welches, der leichteren Manipulation wegen, an der rechten und linken Seite mit einer Thür versehen ist, und oben einen (auch horizontal) verschiebbaren Aufhängungsapparat besitzt.

XVI. *Ueber das mechanische Aequivalent der Wärme, bestimmt durch die Wärme-Erregung bei Reibung von Flüssigkeiten; von* J. P. Joule,

Secretair der *Literary and Philosoph. Society* in Manchester.

(*Phil. Mag.* (1847) *Vol. XXXI, p.* 173.).

In dem *Phil. Magaz.* für Sept. 1845 gab ich einen kurzen Bericht von Versuchen, die ich der britischen Naturforscher-Versammlung zu Cambridge vorgetragen hatte, und durch welche ich gezeigt, daſs bei Reibung des Wassers, erzeugt durch die Bewegung eines horizontalen Schaufelrades, Wärme erregt werde. Diese Versuche, obwohl völlig hinreichend die Aequivalenz der Wärme zu mechanischer Kraft darzuthun, waren nicht geeignet das Aequivalent mit groſser Genauigkeit numerisch festzusetzen, da der Apparat in freier Luft aufgestellt und folglich deren abkühlenden Wirkung ausgesetzt war. Ich habe nun die Versuche unter günstigeren Bedingungen und mit einem genaueren Apparat wiederholt.

An dem messingenen Schaufelrad hatte ich ein messingenes Rahmwerk angebracht, welches der Flüssigkeit hinreichenden Widerstand darbot, um sie am Herumwirbeln zu hindern. Dadurch war der Widerstand der Flüssigkeit ge-

gen die Schaufeln sehr beträchtlich gemacht, ohne dafs ein Plantschen erfolgte. Die angewandte Kanne (*can*) war von Kupfer, umgeben von einer Hülle aus dünnem Zinn. Sie war verschlossen durch einen zinnernen Deckel mit einem geräumigen Loche zur Durchlassung der Axe des Rades und zur Einfügung eines empfindlichen Thermometers. Die Bewegung wurde dem Rade mitgetheilt durch eine auf der Axe sitzende Trommel, um welche eine Schnur gewickelt war, durch die, mittelst empfindlicher Rollen, zwei Gewichte, jedes von 29 Pfund, zu der Höhe von $5\frac{1}{4}$ Fufs gehoben werden konnten. Wenn die Gewichte mittelst Drehung des Rades diesen Raum durchfallen hatten, wurde die Trommel abgenommen, die Schnur wieder aufgewickelt und die Operation wiederholt. Nachdem diefs zwanzig Mal geschehen, wurde die Temperaturerhöhung bestimmt. In der zweiten Spalte der folgenden Tafel ist der ganze Raum, den die Gewichte bei den verschiedenen Versuchen durchfielen, in Zollen angegeben. Ich bemerke auch, dafs sowohl die Versuche über die Reibung des Wassers, als die über die Interpolationen, zur Ermittlung des Effects der umgebenden Atmosphäre, unter ähnlichen Umständen angestellt wurden, ein jeder 40 Minuten dauerte.

Reibung von Wasser.

Art des Versuchs.	Gesammter Fall eines jed. Gewichts von 29 Pfd. in Zollen.	Mitteltemperatur des Zimmers.	Unterschied.	Temperatur des Wassers vor dem Versuch.	Temperatur des Wassers nach dem Versuch.	Gewinn oder Verlust an Wärme.
Reibung	1268,5	60°,839	0 ,040 —	60°,452	61°,145	0°,693 G.
Interpolat.	0	61 ,282	0 ,120 —	61 ,145	61 ,180	0 ,035 G.
Reibung	1266,1	61 ,007	0 ,408 +	61 ,083	61 ,748	0 ,665 G.
Interpolat.	0	61 ,170	0 ,570 +	61 ,752	61 ,729	0 ,023 V.
Reibung	1265,8	57 ,921	0 ,809 —	56 ,752	54 ,472	0 ,720 G.
Interpolat.	0	58 ,119	0 ,628 —	57 ,472	57 ,511	0 ,039 G.
Reibung	1265,4	58 ,152	0 ,293 —	57 ,511	58 ,207	0 ,696 G.
Interpolat.	0	58 ,210	0 ,003 +	58 ,207	58 ,219	0 ,012 G.
Reibung	1265,1	57 ,860	0 ,215 +	57 ,735	58 ,416	0 ,681 G.
Interpolat.	0	58 ,162	0 ,256 +	58 ,416	58 ,420	0 ,004 G.
Reibung	1265,3	57 ,163	0 ,220 +	57 ,050	57 ,716	0 ,666 G.
Interpolat.	0	57 ,602	0 ,121 +	57 ,716	57 ,731	0 ,015 G.
Reibung	1265,2	57 ,703	0 ,359 +	57 ,731	58 ,393	0 ,662 G.
Interpolat.	0	58 ,091	0 ,304 +	58 ,393	58 ,397	0 ,004 G.
Reibung	1262,4	56 ,256	0 ,015 —	55 ,901	58 ,582	0 ,681 G.
Interpolat.	0	56 ,888	0 ,285 —	56 ,590	56 ,617	0 ,027 G.
Reibung	1262,3	57 ,041	0 ,078 —	56 ,617	57 ,310	0 ,693 G.
Interpolat.	0	57 ,612	0 ,285 —	57 ,310	57 ,344	0 ,034 G.
Mittl. Reib.	1265,13		0°,0037 —			0°,6841 G.
Mttl. Interp.	0		0 ,0071 —			0 ,0163 G.
Berichtigtes Resultat	1265,13					0 ,6680 G.

Wir sehen also, dafs die Gewichte von 29 Pfund, indem sie eine Höhe von 1265,13 Zoll durchfallen, 0°,668 im Apparat erzeugen. Zur Reduction dieser Gröfsen ist es nöthig, erstlich die Reibung der Rollen und der Schnur beim Abwickeln von der Trommel zu ermitteln. Diefs geschah, indem man die Schnur einmal um eine auf feinen Spitzen gehende Walze von gleichem Durchmesser wie die Trommel schlang, und die beiden Enden derselben über die Rollen gehen liefs. Dadurch fand sich, dafs 3150 Gran, zu einem der beiden Gewichte hinzugefügt, die Reibung gerade überwältigten. Die bei diesen Versuchen wirklich angewandte Kraft wäre daher 406000 Gran. — 3150 Gran =402850 Gran bei 1265,13 Zoll Fallhöhe, oder 6067,3 Pfund bei einem Fufs.

Das Wasser wog 77617 Gran, das messingene Schau-

felrad 24800 Gran, die kupferne Kanne 11237 Gran, und die zinnerne Hülle 19396 Gran. Die gesammte Wärmecapacität des Gefäfses mit seinem Inhalt ward geschützt auf 77617 + 2319 + 1056 + 363 = 81355 Gran Wasser. Deshalb beträgt die bei diesen Versuchen entwickelte Wärme, bezogen auf 1 Pfund Wasser, 7°,7636. Das Aequivalent eines (Fahrenheit'schen) Grades Wärme in einem Pfund (engl.) Wasser fand sich also gleich 781,5 Pfund (engl.) gehoben um einen Fufs (engl.).

Ich machte nun eine Reihe von Versuchen mit Wallrathöl. Diese Flüssigkeit wird von den Ingenieuren als die beste zur Verminderung der Reibung in Maschinen betrachtet, und schien mir daher wohl geeignet, einen anderen und selbst entscheidenderen Beweis über die aufgestellten Grundsätze zu liefern.

Reibung von Wallrathöl (*Sperm. Oil*).

Art des Versuchs.	Fallhöhe ein. jeden Gewichts von 29 Pfund in Zollen.	Mitteltemperatur des Zimmers.	Unterschied.	Temperatur des Oels. vor dem Versuch.	Temperatur des Oels. nach dem Versuch.	Gewinn oder Verlust an Wärme.
Reibung	1263,8	56°,677	0°,453 +	56°,354	57°,906	1°,552 G.
Interpolat.	0	57 ,316	0 ,595 +	57 ,906	57 ,917	0 ,011 G.
Reibung	1269,0	56 ,198	1 ,024 +	56 ,516	57 ,929	1 ,413 G.
Interpolat.	0	56 ,661	1 ,221 +	57 ,929	57 ,836	0 ,093 V.
Reibung	1268,7	57 ,958	0 ,588 +	57 ,813	59 ,280	1 ,467 G.
Interpolat.	0	57 ,051	0 ,773 +	57 ,836	57 ,813	0 ,023 V.
Reibung	1268,5	58 ,513	1 ,685 −	55 ,951	57 ,766	1 ,815 G.
Interpolat.	0	57 ,153	1 ,504 −	55 ,568	55 ,731	0 ,163 G.
Reibung	1268,1	59 ,097	0 ,534 −	57 ,766	59 ,361	1 ,595 G.
Interpolat.	0	57 ,768	1 ,927 −	55 ,731	55 ,951	0 ,220 G.
Reibung	1268,3	56 ,987	0 ,186 −	56 ,029	57 ,573	1 ,544 G.
Interpolat.	0	57 ,156	0 ,413 +	57 ,573	57 ,565	0 ,008 V.
Reibung	1268,7	57 ,574	0 ,734 +	57 ,581	59 ,036	1 ,455 G.
Interpolat.	0	57 ,336	0 ,237 +	57 ,565	57 ,581	0 ,016 G.
Reibung	1267,6	58 ,537	0 ,829 +	56 ,884	58 ,532	1 ,648 G.
Interpolat.	0	59 ,641	0 ,364 +	60 ,026	59 ,984	0 ,042 V.
Reibung	1268,0	59 ,131	0 ,148 +	58 ,532	60 ,026	1 ,494 G.
Interpolat.	0	60 ,164	0 ,138 −	59 ,984	60 ,069	0 ,085 G.
Mittl. Reib.	1267,85		0°,034 +			1°,5537 G.
Mttl Interp.	0		0 ,004 +			0 ,0366 G.
Berichtigtes Resultat	1267,85					1 ,5138 G.

Die angewandte Kraft berichtigt wie zuvor, wegen Reibung der Rollen, war hier gleich 6080,4 Pfund gehoben einen Fuſs. Zur Bestimmung der Wärmecapacität des Apparats war es nöthig die des angewandten Wallrathöls zu ermitteln. Es wurde zu dem Ende die Mischungsmethode angewandt. 43750 Gran Wasser wurden in einem 10403 Gran wiegenden Kupfergefäſs bis 82°,697 erwärmt, und dann 28,597 Gran des Oels von 55°,593 zugesetzt. Nach dem Umrühren fand sich die Temperatur des Gemenges 76°,583. Nach erforderlicher Berichtigung wegen der Erkaltung der Flüssigkeiten beim Versuch und wegen der Capacität des Gefäſses ergab sich hieraus die specifische Wärme des Wallrathöls zu 0,45561. Ein anderer Versuch, bei der nur das Wasser in das heiſse Oel gegossen wurde, gab 0,46116. Das Mittel hievon ist 0,45838.

Das Gewicht des angewandten Oels betrug 70273 Gran, und da Rad, Kanne etc. dieselben wie beim vorhergehenden Versuch waren, war also die gesammte Capacität in diesem Fall aequivalent der von 35951 Gran Wasser. Reducirt auf die Capacität von einem Pfund Wasser betrug also die entwickelte Wärme 7°,7747.

Das aus der Reibung des Wallrathöls abgeleitete Wärmeaequivalent war also =782,1, fast identisch mit dem aus der Reibung des Wassers erhaltenen. Das Mittel beider Resultate ist 781,8, was ich so lange annehmen werde, bis fernere und genauere Versuche ein besseres Aequivalent geliefert haben werden.

In den *Compt. rend.*, *T. XXV*, *p.* 309, hat Hr. Joule auch die Resultate von Versuchen über die Reibung des *Quecksilbers* mitgetheilt, die hier zugleich eine Stelle finden mögen:

Art des Versuchs.	Kraft, in Grm. 1 Met. fallend.	Temperatur des Laboratoriums.	Unterschied.	Temp. d. Quecksilb. zu Anfang des Versuchs.	Temp. d. Quecksilb. am Ende des Versuchs.	Gewinn od. Verl. an Temperatur.
Reibung	716977	15°,300	+0°,426	14°,628	16°,825	2°,197 G.
Interpolat.	0	15 ,135	—0 ,569	14 ,504	14 ,628	0 ,124 G.
Reibung	715297	16 ,001	—0 ,042	14 ,800	17 ,118	2 ,318 G.
Interpolat.	0	15 ,452	+1 ,247	16 ,808	16 ,590	0 ,218 V.
Reibung	715832	15 ,792	+0 ,369	15 ,067	17 ,255	2 ,188 G.
Interpolat.	0	16 ,098	+0 ,930	17 ,114	16 ,942	0 ,172 V.
Reibung	713992	15 ,548	+0 ,329	14 ,774	16 ,980	2 ,206 G.
Interpolat.	0	15 ,387	—0 ,518	14 ,822	14 ,917	0 ,095 G.
Reibung	714463	14 ,684	+0 ,628	14 ,250	16 ,374	2 ,124 G.
Interpolat.	0	15 ,806	+1 ,056	16 ,959	16 ,765	0 ,194 V.
Reibung	714822	14 ,869	—0 ,007	13 ,751	15 ,974	2 ,223 G.
Interpolat.	0	14 ,529	—0 ,359	14 ,138	14 ,203	0 ,065 G.
			Mittel.			
Reibung	715230		+0,2838			2°,2093 G.
Verlust	0		+0,2978			0 ,0500 V.
Berichtigtes Resultat	715230					2 ,2568 G.

In dieser Tafel dient jeder, mit *Interpolation* bezeichnete Versuch zur Berichtigung des Einflusses der Luft, indem dabei die Temperatur des Apparats erhöht oder erniedrigt worden ist. Das Gewicht des Quecksilbers im Apparat betrug 13269 Grm., welches, nach den Versuchen des Hrn. Regnault über die specifische Wärme des Quecksilbers, an Wärmecapacität 442,12 Grm. Wasser gleichkommt. Das Gewicht des Eisens betrug 2569 Grm. [1]), und dessen Wärmecapacität würde nach meinen Versuchen 291,31 Grm. Wasser gleich seyn. Die gesammte Wärmecapacität des Apparats war also gleich 733,43 Grm. Wasser. Der Verbrauch einer mechanischen Kraft, geschätzt durch ein Gewicht von 715230 Grm. bei ein Meter Fallhöhe, war demnach begleitet von der Wärmeentwicklung von 2°,2568 C. in 733,43 Grm. Wasser. Die Wärme also, welche die Temperatur von *einem* Grm. Wasser um *einen* Centigrad zu erhöhen vermag, ist gleich der mechanischen Kraft, die im Stande ist ein Gewicht von 432,1 Grm. ein Meter zu heben.

1) Gefäfs und Schaufelrad waren nämlich hier von Eisen.

XVII. *Schreiben an Hrn. Dr. C. Brunner Sohn, in Bern, in Betreff der Versuche des Hrn. Dr. Buys-Ballot über den Einfluſs der Temperatur auf die Synaphie; von R. Merian.*

Basel, 31. Juli 1847.

Als ich neulich den Aufsatz vom Dr. Buys-Ballot [1]) »über den Einfluſs der Temperatur auf die Synaphie« las, worin er seine mit Adhäsionsplatten erhaltenen Resultate mit den Ihrigen vergleicht, fiel es mir auf, daſs er bei den aus seinen Versuchen berechneten Werthen von a^2 $(=A-Bt)$ die Constante A sehr nahe gleich wie Sie erhalten hat, nämlich 15,3 . . . für Wasser (S. 189 und 191), den Coëfficienten B dagegen fast doppelt so groſs (0,047 und 0,048 statt 0,028). Ich fand mich dadurch veranlaſst, den Gang seiner Berechnungen etwas genauer zu verfolgen, um zu sehen, ob sich nicht etwa aus seinen Versuchen eine gröſsere Uebereinstimmung auch für B herausfinden lieſse. Ich habe nun zwar gerade das Gegentheil gefunden, nämlich daſs Hr. Buys-Ballot seine Werthe von a^2 sehr ungenau berechnet hat, und daſs sie, richtig berechnet, nicht so gut mit den Ihrigen übereinstimmen als er geglaubt hat, theile Ihnen aber dennoch das Resultat mit, da es Sie vielleicht interessiren dürfte.

In wie fern die von Hrn. B. B. angewandte Methode geeignet ist genaue Resultate zu geben, darüber erlaube ich mir kein Urtheil; die von ihm beobachteten Werthe sprechen jedoch nicht sehr dafür. In der Reihe auf S. 183 z. B. erhält man für p zwischen 72° und 70° eine Gewichtszunahme von 0,115 Grm. per Grad und zwischen 37° und 36° von 0,09 Grm.; dagegen zwischen 69° und 57° nur von 0,013, zwischen 57° und 45° gar nur von 0,0025 Grm., d. h. nur $\frac{1}{46}$ vom ersten Werthe, während sie eigentlich

1) Poggend. Annalen, Bd. 71, S. 177 u. f.; damit zu vergleichen die Abhandl. von C. Brunner, Poggend. Annalen, Bd. 70, S. 481 u. f.

gleich seyn sollten. Aehnliches in den andern Versuchsreihen, z. B. auf S. 184 die Werthe für 192° und 190°, 146° und 134°. Auch stimmen zum Theil die Formeln für p, namentlich die für schwefelsaures Natron auf S. 184, schlecht mit den beobachteten Werthen überein.

Der Haupteinwurf aber, den ich gegen den Aufsatz von Hrn. Buys-Ballot zu machen habe, ist gegen seine Berechnung von a^2 aus p gerichtet; er glaubt nämlich durch seine neue Berechnungsweise (S. 188) eine gröfsere Uebereinstimmung von a^2 mit Ihren Werthen gefunden zu haben (in den Decimalen nämlich, denn die ganzen Zahlen stimmten schon nach der früheren Berechnung überein), hat aber dabei Ausdrücke vernachlässigt, die auf die erste Decimale influiren. Er vernachlässigt zuerst (S. 188 Z. 10) das Quadrat $\left(\frac{\pi a^2 r}{3(\alpha-\beta t)}\right)^2$, weiter (Z. 12) gar das Glied $\frac{2\pi a^2 r}{3\alpha}$ (denn es ist $P=\alpha$). Nun ist aber $\frac{\pi a^2 r}{3\alpha}$ ungefähr gleich 0,03, also der erste dieser Ausdrücke $=0{,}0009$, der zweite $=0{,}06$; also mit dem Werthe von a^2 ($=15,..$) vervielfacht, betragen diese vernachlässigten Glieder 0,013.. und 0,9.., d. h. im letzteren Falle beinahe 1. Allerdings waren diese Vernachlässigungen sehr bequem, um die Rechnung abzukürzen; da aber Hr. B. B. auf Richtigkeit wenigstens der ersten Decimale Anspruch macht, durfte er sich dieses nicht erlauben.

Bevor ich nun a^2 genauer berechne, mufs ich noch zwei sehr störende Fehler berichtigen, die jedoch wohl nur Druckfehler sind. In der Tafel auf S. 183 sollte Gramm statt Gran stehen, wie aus dem Werthe von a^2 und der Poisson'schen Formel sich ergiebt. Ferner mufs es auf S. 188 (Z. 17 und 19) $a^2=\frac{\alpha^2}{2(\pi r^2)^2}$ und $A=\frac{\alpha^2}{2(\pi r^2)^2}$ heifsen, beidemal statt $=\frac{\alpha}{2\pi r^2}$; Hr. B. B. scheint jedoch bei der Berechnung von A den ersteren, richtigen Ausdruck zu Grunde gelegt zu haben.

Berechnen wir a^2 nach der auch von Hrn. Buys-Ballot angewandten Poisson'schen Formel [1]):

$$p=\pi\mu\left(ar^2\sqrt{2}-\frac{a^2 r}{3}\right),$$

wobei nach Poisson a und r in Centimetern auszudrücken,

[1]) Poisson, *nouvelle théorie de l'action capillaire*, p. 233.

μ das Gewicht eines Kubikcentimeters der angewandten Flüssigkeit, oder in Grammen ausgedrückt das spec. Gewicht ist. Da wir in unserem Falle Millimeter haben, müssen wir für μ auch nur das Gewicht eines Kubikmillimeters, also μ 1000 Mal kleiner oder $\frac{p}{\mu}$ 1000 Mal gröfser nehmen, wie schon die Homogenität der Formel es verlangt.

Setzen wir $\frac{p}{\mu} = P$, so erhalten wir die Gleichung:

$$a^2 - 3ar\sqrt{2} + \frac{3P}{\pi r} = 0,$$

woraus:

$$a = \tfrac{3}{2}r\sqrt{2} \pm \sqrt{\tfrac{9}{2}r^2 - \frac{3P}{\pi r}}$$

oder:

$$a = \tfrac{3}{2}r\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{2}r\sqrt{2}\left(1 - \frac{2P}{3\pi r^3}\right)^{\frac{1}{2}},$$

und:

$$a^2 = \tfrac{9}{2}r^2 \left\{1 \pm \left(1 - \frac{2P}{3\pi r^3}\right)^{\frac{1}{2}}\right\}^2$$
$$= 9r^2 \left\{1 - \frac{P}{3\pi r^3} \pm \left(1 - \frac{2P}{3\pi r^3}\right)^{\frac{1}{2}}\right\}.$$

Da der Ausdruck für a^2 offenbar kein nur von r und nicht zugleich von P abhängiges Glied enthalten darf, müssen wir von den beiden Zeichen das untere nehmen, damit, bei Entwicklung der Wurzelgröfse in eine Reihe, die von P unabhängigen Glieder sich aufheben. Setzen wir nun für P oder $\frac{p}{\mu}$ seinen Werth $\alpha - \beta t$, so ist:

$$a^2 = 9r^2 \left\{1 - \frac{\alpha}{3\pi r^3} + \frac{\beta t}{3\pi r^3} - \left(1 - \frac{2\alpha}{3\pi r^3} + \frac{2\beta t}{3\pi r^3}\right)^{\frac{1}{2}}\right\}.$$

Setzen wir $a^2 = A - Bt$, so erhalten wir für $t = 0$:

$$A = 9r^2\left(1 - \frac{\alpha}{3\pi r^3} - \sqrt{1 - \frac{2\alpha}{3\pi r^3}}\right),$$

ferner, wenn wir die Wurzelgröfsen im Ausdruck von a^2 nach dem binomischen Lehrsatz entwickeln und dabei die höheren Potenzen von t vernachlässigen, was wohl erlaubt ist, da sie mit höheren Potenzen von $\frac{2\beta}{3\pi r^3}$ (d. i. ungefähr $\frac{1}{1000}$) vervielfacht sind, so erhalten wir:

$$B = 9r^2\left(-\frac{\beta}{3\pi r^3} + \frac{\beta}{3\pi r^3\left(1 - \frac{2\alpha}{3\pi r^3}\right)^{\frac{1}{2}}}\right)$$
$$= \frac{3\beta}{\pi r}\left\{\left(1 - \frac{2\alpha}{3\pi r^3}\right)^{-\frac{1}{2}} - 1\right\}.$$

Mit Hülfe dieser Ausdrücke erhalten wir nun, wenn wir für α und β die Werthe von Hrn. Buys-Ballot aus Formel I (S. 188) zu Grunde legen, nämlich:

$$\alpha = 13807,4 \quad \beta = 20,628 \text{ und } \pi r^2 = 2463$$
$$a^2 = 16,8574 - 0,052243\, t.$$

Aus den Werthen von α und β aus Formel II (S. 188):

$$\alpha = 13667 \quad \beta = 21,264 \text{ und } \pi r^2 = 2500$$

folgt:

$$a^2 = 15,9948 - 0,051556\, t$$ [1]).

Entwickeln wir in den Ausdrücken von A und B die Wurzelgröfsen in Reihen nach dem binomischen Lehrsatz, so erhalten wir die Reihen:

$$A = 9r^2 \left\{ \tfrac{1}{2}\left(\frac{\alpha}{3\pi r^3}\right)^2 + \tfrac{1}{2}\left(\frac{\alpha}{3\pi r^3}\right)^3 + \tfrac{5}{8}\left(\frac{\alpha}{3\pi r^3}\right)^4 + \dots \right\}$$

$$B = \frac{3\beta}{\pi r} \left\{ \frac{\alpha}{3\pi r^3} + \tfrac{3}{2}\left(\frac{\alpha}{3\pi r^3}\right)^2 + \tfrac{5}{2}\left(\frac{\alpha}{3\pi r^3}\right)^3 + \dots \right\}$$

Die Werthe von Hrn. Buys-Ballot $A = \frac{\alpha^2}{2(\pi r^2)^2}$ und $B = \frac{\alpha\beta}{(\pi r^2)^2}$ sind offenbar nur die ersten Glieder dieser Reihen; dafs man aber die folgenden nicht vernachlässigen dürfe, zeigt die Abweichung unserer Werthe von a^2 von den Buys-Ballot'schen.

Ich glaube damit ziemlich klar dargethan zu haben, dafs erstens die von Hrn. B. B. angewandte Methode keine sehr übereinstimmenden Beobachtungswerthe geliefert hat, und zweitens dafs, wenn man a^2 aus seinen Werthen von p richtig berechnet, die Uebereinstimmung mit den Brunner'schen u. a. Werthen von a^2 weniger gut ist, als Hr. Buys-Ballot zu finden geglaubt hat (nach Brunner ist für Wasser $a^2 = 15,3321 - 0,028639\, t$); der Werth von B namentlich ist bei Hrn. Buys-Ballot immer noch fast doppelt so grofs wie bei Ihnen.

1) Hr. Buys-Ballot berechnete aus den obigen Daten mit Hülfe seiner Formeln $A = \frac{\alpha^2}{2(\pi r^2)^2}$ und $B = \frac{\alpha\beta}{(\pi r^2)^2}$ die Werthe von a^2 (S. 188)

I. $a^2 = 15,2515 - 0,045573\, t$

II. $a^2 = 15,395 \quad - 0,04773\, t.$

Ich begreife übrigens nicht, wie er zu diesen Werthen von a^2 gekommen, denn wenn ich aus den gleichen Daten nach den gleichen Formeln a^2 berechne, finde ich:

I. $a^2 = 15,7132 - 0,046951\, t$

II. $a^2 = 14,9429 - 0,046498\, t.$

1848. ANNALEN *№*. 4.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXIII.

I. *Ueber das Guajakharz;*
von C. F. Schoenbein.

Die merkwürdige Eigenschaft des Guajaks, sich unter gewissen Umständen zu bläuen, hat zwar schon längst die Aufmerksamkeit der Chemiker auf sich gezogen, und Anlafs zu mancherlei Untersuchungen gegeben; es ist aber meines Wissens über die Ursache der besagten Färbung bis jetzt immer noch nicht viel mehr bekannt, als dafs dieselbe in einer Sauerstoffaufnahme der harzigen Materie liegt. Was aus dem verschluckten Sauerstoff wird: ob er sich mit dem Guajak als solchem verbinde, ob zwischen dem ungebläuten Harz und dem Sauerstoff ein Verhältnifs bestehe, demjenigen ähnlich, welches der reducirte Indigo zum Sauerstoff zeigt: ob die Eigenschaft sich durch Oxydation zu bläuen, allen harzigen Theilen des käuflichen Guajaks, welche in Weingeist löslich sind, angehören, oder nur einer bestimmten darin vorkommenden harzigen Materie, darüber weifs man, so viel mir bekannt ist, noch nichts Sicheres. Wenn ich nun auch nicht im Stande bin, diese noch dunkeln Punkte aufzuhellen, so vermag ich doch Einiges mitzutheilen, was unsere Kenntnifs von dem in Rede stehenden Harz erweitern und als Fingerzeig Denen dienen dürfte, welche es sich späterhin zur Aufgabe stellen sollten, die chemischen Verhältnisse des Guajaks zum Sauerstoff genau zu ermitteln. Im ersten Hefte der Annalen von 1846 habe ich bereits auf eine allgemeine Weise der Umstände gedacht, unter welchen die Guajaktinktur nach Belieben gebläut und wieder entbläut werden kann. Folgende Angaben haben den Zweck: theils die angeführte Notiz zu vervollständigen, theils die chemischen Leser dieser Zeitschrift mit einigen neuen Eigenthümlichkeiten besagter Guajaklösung bekannt zu machen.

Schon lange weifs man, dafs Chlor und Untersalpetersäure die Guajaktinktur bläuen, und von mir ist gezeigt worden, dafs dieses Vermögen in einem ausgezeichneten Grade auch dem Brom, Jod, Ozon, den Superoxyden des Mangans, Bleis und Silbers, dem Goldoxyd, der Uebermangansäure, Chromsäure, den unterchlorigsauren Alkalien und ebenfalls dem fein zertheilten Platin zukommt. Im Allgemeinen läfst sich sagen, dafs die Materien, welche die Guajaktinktur bläuen, oxylisirten, d. h. chemisch erregten Sauerstoff enthalten. Gewöhnlicher freier Sauerstoff wirkt auf die Harzlösung nicht merklich ein, denn wie lange man auch letztere mit solchem Sauerstoff oder atmosphärischer Luft schüttelt, so färbt sie sich doch niemals blau. Auf welche Weise nun auch die Guajaktinktur gebläut worden seyn mag, so läfst sich dieselbe wieder rasch in ihren gewöhnlichen Zustand zurückführen. Ehe ich aber die Umstände, unter welchen diese rasche Entbläuung stattfindet, näher beschreibe, mufs ich einige Worte sagen über die Darstellung und Beschaffenheit der blauen Tinktur, welche mir zur Anstellung der weiter unten erwähnten Versuche gedient hat.

Ein Theil käuflichen Guajakharzes wurde in zehn Theilen gewöhnlichen Weingeists [1]) gelöst, die filtrirte Tinktur mit etwa einem Dreifsigstel [2]) fein gepulverten Mangansuperoxyds (oder Bleisuperoxyds) eine oder zwei Minuten lang geschüttelt und dann auf ein Filtrum gebracht. Die durchgelaufene Flüssigkeit gleicht in ihrem äufseren Ansehen concentrirter Lackmustinktur oder einer Indigolösung, d. h. ist so intensiv gefärbt, dafs wenige Tropfen derselben eine Unze Weingeists schon merklich stark bläuen. Das von unserer Tinktur zurückgeworfene Licht ist indigoblau, das durchgelassene tief blutroth, und mit Wasser vermischt läfst

1) Ich finde, dafs der Holzgeist für das Guajakharz ein eben so gutes Lösungsmittel als der Weingeist ist, und eine solche Lösung gerade so sich verhält, wie die gewöhnliche Guajaktinktur.

2) Schon fünf Grane fein gepülverten Mangansuperoxyds reichen hin 500 Grane meiner Guajaktinktur auf's Tiefste blau zu färben.

die Flüssigkeit ein hellblaues Harz fallen, welches in Weingeist sich löst, damit wieder eine starke blaue Flüssigkeit liefernd. Eine so bereitete Guajaktinktur kann durch folgende Mittel rasch entbläut werden:

1) Durch Phosphor. Schüttelt man die Tinktur mit fein zertheiltem Phosphor einige Minuten lang, so verschwindet jede Spur von blauer Färbung, und geht die Flüssigkeit durch Grün in Gelbbraun über. Beinahe augenblicklich wird die Entbläuung der Tinktur bewerkstelligt durch deren Vermischung und Schütteln mit phosphorhaltigem Aether.

2) Durch Metalle. Wie der Phosphor wirken auch die leichter oxydirbaren Metalle; denn schüttelt man die gebläute Guajaklösung mit fein zertheiltem Zinn, Eisen, Zink, Kadmium, Arsen u. s. w., so verliert sie rasch ihre blaue Färbung, und ich habe bemerkt, dafs die zwei erst erwähnten Metalle um ein Merkliches rascher wirken, als diefs die übrigen thun.

3) Durch Schwefel- und Selenwasserstoff. Giefst man die blaue Tinktur in Gefäfse, welche nur kleine Mengen der genannten Gase enthalten, so wird dieselbe beim Schütteln augenblicklich entbläut, und ein gleiches Ergebnifs erhalten beim Zusammenbringen der Harzlösung mit wäfsrigem Schwefel- oder Selenwasserstoff.

4) Durch schweflichte Säure. Brennt man ein Schwefelholz in einer Flasche ab, so wird zugegossene blaue Guajaktinktur beim Schütteln augenblicklich ihrer Farbe beraubt. Eben so wirkt wäfsrige schweflichte Säure.

5) Durch die Oxydulsalze des Eisens und Zinns oder die Chlorüre dieser Metalle, wie auch durch Kaliumeisencyanür. Fügt man nur kleine Mengen der Lösungen dieser Salze zur blauen Guajaktinktur, so wird diese rasch gelbbraun.

6) Durch eine Reihe von Säuren. Chemisch reine Phosphorsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, seyen sie concentrirt oder stark mit Wasser verdünnt, ent-

bläuen die Guajaktinktur augenblicklich, dieselbe ebenfalls in ihre ursprüngliche Farbe überführend.

7) Durch alkalische Salzbasen. Die wäfsrigen Lösungen von Kali, Natron, Baryt, Strontian und Ammoniak wandeln beinahe augenblicklich die blaue Farbe unserer Tinktur in eine gelbgrüne um.

Die Guajaklösung, sey sie auf diese oder jene Weise gebläut worden, verliert übrigens ihre Farbe auch von selbsten, hiebei wieder in ihren ursprünglichen Zustand durch Grün zurückkehrend; die Schnelligkeit aber, mit der die freiwillige Entbläuung stattfindet, ist sehr verschieden, und richtet sich nach der Natur des Mittels, welches zur Bläuung der Tinktur angewendet worden.

Die mit Hülfe der Superoxyde des Mangans, Bleis und des Goldoxyds gebläute Harzlösung erhält sich in ihrer Färbung am längsten, und es vergehen einige Stunden, bevor dieselbe wieder ihre gewöhnliche gelbbraune Farbe angenommen hat. Die spontane Entbläuung der durch Chlor, Brom, Jod und Ozon gebläueten Tinktur geht ungleich rascher vor sich; ich habe oben bemerkt, dafs die durch Chlor gebläute Tinktur sich noch etwas schneller entfärbt, als diefs die mit Brom gebläute Harzlösung thut, letztere wieder schneller sich entbläut, als die durch Jod gebläute und die durch Ozon gefärbte am langsamsten sich verändert. Letztere erscheint nach wenigen Minuten gelbbraun, während die durch Chlor gebläute Tinktur schon nach wenigen Secunden diese Färbung angenommen hat. Hiebei verdient auch noch die Thatsache Erwähnung, dafs die gebläute Tinktur, mit sehr viel Weingeist versetzt, ihre Färbung merklich länger sich erhält, als sie diefs für sich allein thut.

Sey nun unsere Probetinktur (die durch Mangansuperoxyd gebläute Guajaklösung) spontan, und somit langsam, oder durch die oben unter §§. 1 bis 6 erwähnten Mittel rasch entbläut worden, so erhält dieselbe ihre blaue Farbe wieder, wenn sie auf's Neue mit Braunstein, Bleisuperoxyd u. s. w. geschüttelt wird; auch mufs hier noch bemerkt wer-

den, daſs die auf irgend eine unter §§. 1 bis 6 angeführte Weise entbläuete Guajaktinktur, wenn mit Wasser vermischt, ein Harz fallen läſst, das weder selbst blau ist, noch in Weingeist wieder gelöst, eine blaue Flüssigkeit liefert.

Wenn nun angenommen wird, daſs die Bläuung der Guajaktinktur auf einer Sauerstoffaufnahme des in ihr gelösten Harzes beruht, so wird wohl auch der Schluſs gestattet seyn, daſs die Entbläuung dieser Tinktur in einer Desoxydation der gleichen harzigen Materie begründet liege. Alle die unter §§. 1 bis 5 erwähnten Substanzen sind geneigt Sauerstoff aufzunehmen, und es ist deshalb auch wahrscheinlich, daſs Phosphor, Zinn, Schwefelwasserstoff u. s. w. dadurch die Guajaktinktur entbläuen, daſs jene Materien dem gelösten blauen Harze Sauerstoff entziehen. Natürlich wird die spontane Entbläuung der Guajaklösung ebenfalls auf einem Sauerstoffverlust des blauen Harzes beruhen; welches aber in diesem Falle die desoxydirende Substanz sey: ob das Lösungsmittel (Weingeist, Holzgeist, Aether), oder eine fremdartige, dem Guajakharze beigemengte Materie, oder einer der constituirenden oxydirbaren Bestandtheile des Harzes selbst, weiſs ich dermalen noch nicht zu sagen.

Wenn aber auch kaum daran gezweifelt werden kann, daſs der Sauerstoff bei der Bläuung der Guajaktinktur eine wesentliche Rolle spielt, so fragt es sich immer noch, ob es wirklich bloſser Sauerstoff sey, welcher sich mit dem in Weingeist gelösten Harze vereinigt, oder aber eine sauerstoffhaltige Verbindung. Ich halte letzteres für das Wahrscheinlichere, und bin der Ansicht, daſs die blaue Materie eine Verbindung des gewöhnlichen Guajaks mit einem Wasserstoffsuperoxyd (Ozon) sey, eine Verbindung analog derjenigen, welche die Stärke mit dem Jod eingeht. Meine Gründe für diese Ansicht sind zunächt folgenden Thatsachen entnommen.

1) Reiner, d. h. unverbundener Sauerstoff verhält sich gegen die gewöhnliche Guajaktinktur wirkungslos, und

wird von letzterer in keiner merklichen Menge aufgenommen.

2) Schüttelt man dagegen eine durch Phosphor möglichst stark ozonisirte Luft oder auf elektrolytischem Wege erhaltenen ozonhaltigen Sauerstoff mit gewöhnlicher Guajaktinktur, so verschwindet das Ozon augenblicklich unter Bläuung der harzigen Lösung. Mit dem Thénard-schen Wasserstoffsuperoxyd habe ich noch keine Versuche angestellt; ich zweifle aber nicht, daſs dasselbe die Guajaktinktur ebenfalls bläuen werde.

3) Diejenigen Substanzen, welche die gebläute Guajaktinktur rasch entfärben, sind es auch, welche das Ozon augenblicklich zerstören, d. h. auf dessen Kosten sich oxydiren, wie z. B. Phosphor, die oxydirbarern Metalle, Schwefelwasserstoff, schweflichte Säure, die Oxydulsalze des Eisens und Zinns u. s. w.

Auſser den eben erwähnten Thatsachen scheinen aber auch einige Analogien zu Gunsten der oben geäuſserten Ansicht zu sprechen, und vor allem ist in dieser Beziehung der blauen wäſsrigen Jodstärke [1]) zu erwähnen. Letztere hat mit der gebläuten Guajaktinktur nicht nur die Farbe gemein; beide Flüssigkeiten zeigen auch in ihrem chemischen Verhalten gegen eine Anzahl von Körpern eine solche Uebereinstimmung, daſs man sie beinahe mit einander verwechseln könnte. So z. B. entbläuen die unter §§. 1 bis 5 erwähnten Substanzen, die wäſsrige Jodstärke gerade so, wie sie die gebläute Guajaktinktur entfärben. Und wie sich letztere von selbsten entbläut, so thut dieſs auch unsere wäſsrige Jodstärke, nur ist hiezu noch die Einwirkung des Lichts erforderlich. Alle die Materien, welche die entfärbte Guajaklösung wieder bläuen, wie z. B. die Superoxyde des Bleis, Mangans u. s. w., sind es auch, welche der entbläuten wäſsrigen Jodstärke ihre Färbung wieder geben.

1) Diese bereite ich mir, indem ich stark mit Wasser verdünnten Stärkekleister, der ein wenig Jodkalium enthält, etwa zwanzig Minuten sieden lasse, dann filtrire, und in die durchgelaufene erkaltete Flüssigkeit Chlorwasser tröpfle, bis dieselbe eine tiefblaue Farbe angenommen hat.

Diese so grofse Aehnlichkeit des Verhaltens beider Flüssigkeiten scheint daher auch der Vermuthung Raum zu geben, dafs deren Bläuung und Entbläuung auf ähnlichen chemischen Vorgängen beruhen. Was die Bläuung der Stärke durch Jod betrifft, so nimmt man wohl mit Recht an, dafs dieselbe herrühre von einer lockeren chemischen Verbindung, welche die genannten Substanzen untereinander eingehen, und mit eben so viel Grund wird die Entfärbung dieser blauen Verbindung einer Jodentziehung derselben, bewerkstelligt durch Phosphor, Eisen u. s. w., zugeschrieben. Da nun in so vielen Beziehungen das Ozon und das gewöhnliche Wasserstoffsuperoxyd wie Chlor, Brom und Jod sich verhält, das Ozon den letzterwähnten drei Körpern namentlich auch darin gleicht, dafs es mit dem ölbildenden Gas als solchem sich verbinden läfst, so hat die Vermuthung: es möchte vielleicht das Ozon mit dem Guajakharz in ähnlicher Weise sich zu vergesellschaften, wie das Jod mit der Stärke, nichts aufserordentliches. Und wenn das Ozon die Guajaktinktur bläut, und diese wieder durch Ozon verschluckende Materien entbläut wird, so dürfen wir wohl auch annehmen, dafs diese Färbung und Entfärbung von einer Ozonisation und Desozonisation des Guajakharzes bedingt werde, wie wir die Bläuung und Entbläuung der Stärke dem Jodiren und Dejodiren dieser Materie zuschreiben.

Einen Unterschied, der zwischen der gebläuten Guajaktinktur und der wäfsrigen blauen Jodstärke besteht, darf ich hier nicht mit Stillschweigen übergehen, den nämlich: dafs jene Tinktur durch Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure u. s. w. plötzlich entbläut wird, die Jodstärke aber nicht. Auf welche Weise die genannten Säuren die Guajaktinktur entbläuen, weifs ich nicht anzugeben. Sollte etwa diese Reaction auf dem bekannten Vermögen der genannten Säuren beruhen, mit dem gewöhnlichen Wasserstoffsuperoxyd, wie auch mit dem Ozon eine lockere Verbindung einzugehen? Wäre die Affinität dieser Säuren zum Wasserstoffsuperoxyd oder Ozon gröfser, als die des Guajaks zu den gleichen Materien, so würde hieraus die frag-

liche Reaction sich erklären. In dieser Beziehung bringe ich die Thatsache in Erinnerung, dafs stark mit Wasser verdünnte chemisch reine Schwefelsäure, Salpetersäure u. s. w., welche nach meinen vielfältigen Beobachtungen den reines Jodkalium enthaltenden Stärkekleister durchaus nicht plötzlich bläuen, die Eigenschaft erhalten, diese Bläuung augenblicklich zu bewerkstelligen, nachdem man sie mit ozonisirter Luft oder ozonhaltigem Sauerstoff geschüttelt hat.

Was die entbläuende Wirkung der Alkalien auf die Guajaktinktur betrifft, so wage ich nicht über die Ursache dieser Reaction eine Meinung zu äufsern. Nur auf den Umstand möchte ich bei dieser Gelegenheit aufmerksam machen, dafs Bariumsuperoxyd die gebläute Guajaktinktur nicht entfärbt, die Lösungen von Alkalien Ozon aufnehmen, und dadurch die Fähigkeit erlangen, wenn mit verdünnter Schwefelsäure u. s. w. übersättigt, Jodkalium zu zersetzen, eine Fähigkeit, welche die reinen Alkalien nicht besitzen. Wie es scheint nehmen letztere aus dem Ozon Sauerstoff auf, und werden theilweise in Superoxyd verwandelt.

Von der Voraussetzung ausgehend, dafs die Ursache der Bläuung der Guajaktinktur eine und dieselbe sey, durch welches der oben angeführten Mittel diese Färbung auch bewerkstelligt werden mag, d. h. in einer Verbindung von Wasserstoffsuperoxyd mit Guajakharz liege, so mufs ich natürlich annehmen, dafs beim Schütteln der gewöhnlichen Guajaktinktur, z. B. mit den Superoxyden des Bleis und Mangans, sich Wasserstoffsuperoxyd erzeuge, was in Folge einer dreifachen Affinität geschehen dürfte. Einmal wegen des Bestrebens des Wassers mit dem zweiten Sauerstoffatom dieser Superoxyde Wasserstoffsuperoxyd, und mit Bleioxyd oder Manganoxydul ein Hydrat zu bilden, und dann in Folge der Neigung des Guajakharzes mit Wasserstoffsuperoxyd (Ozon) die in Rede stehende blaue harzige Materie hervorzubringen.

Da ich Chlor, Brom und Jod ebenfalls für Superoxyde ansehe, so beruht für mich deren Vermögen, die Guajak-

tinktur zu bläuen, auf der gleichen chemischen Ursache, welcher die Superoxyde des Bleis u. s. w. ihr eigenthümliches Verhalten gegen die Guajaktinktur verdanken. In Berührung des Chlors, Broms und Jods mit dieser harzigen Lösung bilden sich die Hydrate des Murium-, Bromium und Jodiumoxyds (Chlor-, Brom- und Jodwasserstoffsäure), und Wasserstoffsuperoxyd, welches letztere mit dem Guajak ebenfalls in der blauen Materie sich vereinigt.

Ich werde wohl kaum zu bemerken brauchen, dafs diejenigen, welche mit de la Rive und Berzelius das Ozon für nichts als modificirten Sauerstoff halten, geneigt seyn müssen anzunehmen: die gebläute Guajaktinktur enthalte eine lockere Verbindung, aus gewöhnlichem Guajak und ungewöhnlichem Sauerstoff bestehend, sey mit anderen Worten diese Verbindung ein organisches Superoxyd, dessen Sauerstoff theilweise in dem gleichen chemisch erregten Zustande sich befinde, in welchem die Hälfte des Sauerstoffgehalts der Superoxyde des Wasserstoffs, Mangans u. s. w. existirt.

Basel, im October 1847.

II. *Ueber das Maafs elektromotorischer Kräfte; von H. Buff.*

Zu den Bewegungshindernissen, welche der elektrische Strom bei dem Durchgange durch flüssige Verbindungen erfährt, gehört die Polarisation der eingetauchten Metallplatten, und man ist gegenwärtig wohl allgemein darüber einverstanden, dafs dieser Widerstand durch die an den Oberflächen der festen Leiter sich ausscheidenden Bestandtheile der flüssigen Leiter bewirkt wird. Ich erlaube mir in dem folgenden Aufsatze zuvörderst einige Maafsbestimmungen des Polarisationswiderstandes mitzutheilen, die, wie ich glaube, dazu dienen werden, das was über diesen Gegen-

stand bis jetzt bekannt geworden ist, zu vervollständigen und theilweise wohl auch zu berichtigen.

Als Elektromotor benutzte ich bei den folgenden Untersuchungen gewöhnlich die Bunsen'sche Kohlenkette, deren Beständigkeit für Diejenigen, welche mit den Eigenthümlichkeiten dieses Apparats vertraut sind, in der That nur wenig zu wünschen übrig läfst. Die elektromotorische Kraft wurde mittelst einer Tangentenbussole nach Weber's Construction, zugleich mit Zuziehung eines Stromregulators gemessen. Der Draht des Regulators, aus Neusilber gezogen, ist 1,5 Millim. dick, jede Windung hält $\frac{3}{4}$ Meter. Der Ring der Bussole ist genau 2 Decimeter weit, die Nadel 4 Centimeter lang.

Um die Beständigkeit der Kohlenkette und zugleich den Grad der Genauigkeit zu zeigen, worauf man bei Benutzung der erwähnten Apparate rechnen kann, setze ich eine Versuchsreihe hierher, welche ausgeführt wurde, um die elektromotorische Kraft eines Kohlen-Zinkpaares, das mit verdünnter Schwefelsäure und mit Salpetersäure von 1,38 spec. Gewicht angesetzt war, zu messen. α^0 bedeute die Ablenkung der Nadel; n die Anzahl eingeschalteter Regulatorwindungen, um diese Ablenkung zu bewirken; L den übrigen unveränderlichen Leitungswiderstand der Kette, ebenfalls in Regulatorwindungen ausgedrückt und mittelst der Gleichung: $L+n=\frac{7,134}{tang\ \alpha}$ berechnet.

Bei unmittelbarer metallischer Schliefsung der Kette wurde gefunden:

α^0.	n.	L.
20°	16,65	2,95
25	12,35	2,95
30	9,41	2,94
35	7,23	2,96
40	5,55	2,95.

Durch zahlreiche frühere Versuche hatte ich mich überzeugt, dafs der Verdünnungsgrad der Schwefelsäure auf die Gröfse der elektromotorischen Kraft, welche hier $K=7,134$

gefunden wurde, keinen merklichen Einflufs äufsert; dafs aber diese Kraft mit der Abnutzung der Salpetersäure nach und nach, wiewohl sehr langsam abnimmt. Im Laufe einer gröfseren Reihe von Versuchen mit denselben Paaren, war es daher unerläfslich, den Werth der elektromotorischen Kraft von Zeit zu Zeit einer Controle zu unterwerfen.

Die constante Platin-Zinkkette zeigt bei anhaltendem Gebrauche eine ähnliche Verminderung der Betriebskraft. Sie beruht bei beiden Apparaten nur darauf, dafs die Säure allmälig die Fähigkeit verliert, den Wasserstoff mit derselben Schnelligkeit, mit der er erzeugt wird, sogleich wieder zu oxydiren. Aus eben diesem Grunde findet man bei einer constanten Kette, deren Salpetersäure schon häufig gebraucht wurde, eine gröfsere oder geringere elektromotorische Kraft, je nachdem der Werth derselben aus kleinen oder grofsen Ablenkungen der Galvanometernadel abgeleitet wird.

Um für die elektromotorische Kraft K einen allgemein vergleichbaren Ausdruck zu gewinnen, mufs die dafür gefundene Zahl noch mit $\frac{TR}{2\pi}$ multiplicirt werden; wo R den Radius des Ringes der Bussole (hier 2 Decimeter), $T=1{,}9$ die Intensität des Erdmagnetismus am Beobachtungsorte vorstellt. Setzt man nämlich, nach **Weber**, denjenigen Werth von K, der bei der Einheit des Leitungswiderstandes die Stromstärke 1 giebt, als *Einheit* der elektromotorischen Kraft, so findet man, mit Beziehung auf die Tangentenbussole die Stromstärke:

$$g=\frac{TR\,tang\,\alpha}{2\pi}=\frac{K}{L};$$

daher:

$$K=L\,tang\,\alpha\,.\,\frac{TR}{2\pi}.$$

Als Einheit des Leitungswiderstandes wurde, wie schon bemerkt, eine Regulatorwindung genommen, d. h. ein Stück Neusilberdraht von $\frac{3}{4}$ Meter Länge bei 1,5 Millim. Durchmesser. Um meinen Maafsangaben eine allgemeine Ver-

gleichbarkeit zu verleihen, bedarf es daher nur noch der Bemerkung: dafs ein Draht von chemisch reinem Silber, bei gleicher Länge und Dicke, 12,4014 Mal so gut leitet als jener Neusilberdraht.

Zur Bestimmung der Polarisation des Platins in verdünnter Schwefelsäure wurde ein Kasten von Holz von 75 Millim. Breite, 45 Millim. Tiefe und 300 Millim. Länge mit Säure von 1,21 spec. Gewicht theilweise angefüllt. Die eingetauchten Platten hatten fast denselben Querschnitt wie der Kasten, und wurden in der Flüssigkeit, in verschiedenen genau gemessenen Entfernungen einander parallel gegenübergestellt, um zuerst den Leitungswiderstand der flüssigen Schicht nach dem von Horsford (diese Annalen, Bd. 70, S. 238) angewendeten Verfahren, ganz unabhängig von dem Widerstande der Polarisation kennen zu lernen.

War der Leitungswiderstand (r) im Innern der Flüssigkeit, so wie der des übrigen Theils der Kette ($L+n$) bekannt, so liefs sich die Triebkraft der Kette aus der Formel $K-p=(L+n+r)\,tang\,\alpha$ ableiten. $K-p$ von der ursprünglichen elektromotorischen Kraft abgezogen, gab dann den Widerstand der Polarisation.

Bei 45 Millim. Anfüllungshöhe des Kastens ergab sich auf je 25 Millim. Dicke der Säureschicht ein Leitungswiderstand von 1,12 Windungen.

Man fand ferner die elektromotorische Kraft einer dreigliedrigen Kohlen-Zinkkette $K=21,50$; den unveränderlichen Widerstand $L=4,90$ Windungen. Nach Einschlufs der Säure in diese Kette wurden folgende Resultate erhalten:

Widerstand der Säureschicht	Ablenkungen der Nadel.	Windungen des Regulators.	Polarisation.
r.	α^0.	n.	p.
1,12	58°,3	0,20	11,31
2,24	54 ,2	0,20	11,32
5,60	45 ,3	0,20	10,71
7,84	40 ,0	0,20	10,64
12,32	32 ,0	0,30	10,50
12,32	25	6,57	10,41
12,32	20	13,85	10,19
12,32	18	17,10	10,35.

Ein Kohlen-Zinkpaar wurde ausgeschlossen. $K=14,32$; $L=3,33$.

Widerstand der Säureschicht.	Ablenkungen der Nadel.	Windungen des Regulators.	Polarisation.
r.	α^0.	n.	p.
12,32	14°,3	1,04	10,07
12,32	10	9,46	9,90
12,32	8 ,1	17,20	9,63.

Nachdem die Anfüllungshöhe des Troges bis zu ungefähr 20 Millim. erniedrigt worden war, fand man auf je 25 Millim. Dicke der Säureschicht einen Widerstand von 2,36 Windungen, und man erhielt für $K=21,50$; $L=4,90$; $r=7,08$.

α^0.	n.	p.
35°	2,73	11,20
30	5,90	11,18
24	11,55	11,02
20	17,08	10,92.

Die Anfüllungshöhe wurde noch weiter bis auf ungefähr 10 Millim. vermindert. Der Widerstand einer Säureschicht von 25 Millim. Dicke betrug jetzt 5,73 Windungen, und man fand für $K=21,50$; $L=4,90$; $r=11,46$.

α^0.	n.	p.
33°	0,13	10,79
25	6,97	10,62
20	13,59	10,60
18	17,21	10,60.

Wurde die ursprüngliche Kraft K bis zu der eines einzigen Kohlen-Zinkpaares vermindert, so zeigte sich ein so schwacher Strom, dafs er mit der Tangentenbussole nicht mehr mit Sicherheit gemessen werden konnte. Die Polarisation hatte also in diesem Falle die erregende Kraft, d. h. den Werth 7,16 beinahe erreicht.

Die vorliegenden Versuchsreihen zeigen eine Zunahme der Polarisation bei wachsenden Strömen, so wie bei abnehmender Gröfse der eingetauchten Platinplatten. Diese Zunahme findet jedoch, sobald der Strom stark genug ist,

um eine in Betracht kommende Wasserzersetzung zu bewirken (eine Ablenkung der Nadel von 45° entspricht einer Wasserstoffentwicklung von 21,08 C.C. auf die Minute), so allmälig statt, dafs man innerhalb eines ziemlich weiten Spielraums, die Polarisation der Platinplatten in dem Zersetzungstroge als unabhängig von der Anfüllungshöhe und von der Stromstärke betrachten darf. Es blieb zu untersuchen, ob diese Regel auch dann noch ihre Geltung behalte, wenn der Zersetzungsprocefs in Behältern vor sich geht, deren Weite die Gröfse der eingetauchten Platinstreifen sehr bedeutend übertrifft.

Das beschriebene Untersuchungsverfahren war in diesem Falle nicht mehr anwendbar, da jedoch die Vorstellung, dafs die Polarisation als elektromotorische Gegenkraft von der ursprünglichen elektromotorischen Kraft der Kette in Abzug zu bringen sey, durch die vorhergehenden Versuche gerechtfertigt erscheint, so war es gestattet, diese Vorstellung nunmehr allen, den vorhergehenden ähnlichen Berechnungen zu Grunde zu legen. Je zwei Beobachtungen bei verschiedener Ablenkung der Nadel führten dann zu den Gleichungen:

$$tang\,\alpha = \frac{K-p}{L+r+n} \text{ und } tang\,\alpha' = \frac{K-p}{L+r+n+n'},$$

wo n' den Zusatz an Regulatorwindungen vorstellt, der erfordert wurde, um die Nadel von der Ablenkung α^0 auf α'^0 zurückzuführen. Hieraus folgte:

$$L+r+n = \frac{tang\,\alpha'}{tang\,\alpha - tang\,\alpha'}\,n' \text{ und } K-p = \frac{tang\,\alpha\;tang\,\alpha'}{tang\,\alpha - tang\,\alpha'}\,n'.$$

War nun mit Hülfe der einen dieser Formeln der mittlere Werth von $L+r$, der für eine bestimmte Versuchsreihe unveränderlich blieb, aufgefunden, so konnte $K-p$ für jede Stromstärke auch direct bestimmt und folglich auch der Grad der Veränderlichkeit des Werthes p mit Sicherheit ermittelt werden.

Ich überzeugte mich auf diesem Wege, dafs weder die Weite des Zersetzungsbehälters, noch der Abstand und die gegenseitige Stellung der eingetauchten Platinstreifen auf die

Gröſse der Polarisation einen wesentlichen Einfluſs äuſsert. Aus der folgenden Zusammenstellung einiger Versuchsreihen mit Platinstreifen von 12,5 Millim. Breite, übersieht man den geringen Einfluſs ungleicher Stromstärken und Einsenkungstiefen, so oft überhaupt starke Ströme in Bewegung sind.

Ablenkung der Nadel α^0.	Einsenkungstiefe							
	54 Millimeter		27 Millimeter		13,5 Millimeter		5 Millimeter	
	$n.$	$K-p.$	$n.$	$K-p.$	$n.$	$K-p.$	$n.$	$K-p.$
45°	1,18	17,63	—	—	—	—	—	—
40	4,56	17,63	—	—	—	—	—	—
35	8,71	17,62	1,33	17,33	0,37	16,88	—	—
30	14,09	17,63	6,59	17,33	5,50	16,89	—	—
25	21,36	17,63	13,93	17,41	12,55	16,92	—	—
23	—	—	—	—	—	—	1,64	16,67
20	32,01	17,64	—	—	—	—	8,21	16,68
17	—	—	—	—	—	—	16,89	16,67

Der bleibende Leitungswiderstand für diese vier Versuchsreihen war gefunden worden:

$$L+r=16,45 \quad ; \quad =23,40 \quad ; \quad =23,74 \quad ; \quad =37,62.$$

Die ursprüngliche Betriebskraft war die von vier Kohlen-Zinkpaaren, $K=28,34$. Als Polarisationswiderstand ergiebt sich demnach für die

erste Versuchsreihe $p=10,71$
zweite - $p=11,00$
dritte - $p=11,45$
vierte - $p=11,67$.

Nahe dieselben Polarisationswiderstände findet man, wenn statt der Platinstreifen dünne Drähte in die Flüssigkeit eingetaucht werden. Z. B. für Platindrähte von $\frac{1}{2}$ Millim. Dicke, 23 Millim. tief eingetaucht, wurde $p=11,19$ gefunden.

Alle diese Werthe von p bezeichnen übrigens den jedesmaligen gröſsten Widerstand der Polarisation, dessen Eintritt immer einige Zeit erfordert. Die Flüssigkeit war chemisch reine, mit reinem Wasser verdünnte Schwefelsäure. Der Grad der Verdünnung äuſserte keinen merklichen Einfluſs auf den Werth von p. In unreiner Säure dagegen vergröſserte sich der Widerstand sehr bedeutend, und stieg

z. B. in der gewöhnlichen bleihaltigen Säure des Handels, bei 12 Millim. Einsenkungstiefe der Platinstreifen, bis zu $p=13$.

Dieser vermehrte Widerstand erklärt sich dadurch, dafs der als negativer Pol dienende Platinstreifen in der unreinen Säure sehr bald einen fremdartigen Ueberzug erhält, indem er sich z. B. mit Blei oder Kupfer oder Zink u. s. w. bekleidet, wodurch, ganz abgesehen von dem polarisirenden Einflusse des Wasserstoffs, begreiflicherweise ganz dieselbe Verminderung der elektromotorischen Kraft herbeigeführt wird, als ob an der Stelle des negativen Platinstreifens ein Blei- oder Kupfer- oder Zinkstreifen in die Flüssigkeit wäre eingesenkt worden. In der That erhielt der Polarisationswiderstand bei denselben Stromstärken wie vorher, den Werth $p=16,90$, wenn als positiver Pol ein Platindraht, als negativer Pol ein Zinkdraht, beide bis zu 12 Millim. Tiefe in die verdünnte Schwefelsäure eingetaucht wurden. Dafs indessen dieser vergröfserte Widerstand nicht blofs auf Rechnung des Zinks gebracht werden darf, ergiebt sich aus der Zusamenstellung der beiden folgenden Versuchsreihen, wobei zwei amalgamirte Zinkstreifen, die mit den Endpunkten der elektrischen Kette verbunden waren, einmal in verdünnte Schwefelsäure, dann in eine Auflösung von neutralem Zinkvitriol eingetaucht wurden.

Ablenkung der Nadel.	Verdünnte Schwefelsäure. $K=14,36$; $L+r=12,26$		Zinkvitriol. $K=7,17$; $L+r=11,78$.	
α^0.	n.	$K-p$.	n.	$K-p$.
15°	—	—	13,27	6,71
20	24,85	13,51	6,70	6,72
25	16,70	13,51	2,61	6,71
30	11,14	13,51	—	—

Durch den Wasserstoffabsatz an den negativen Zinkstreifen wurde die ursprüngliche elektromotorische Kraft K um den Werth $p=0,85$ vermindert. Bekanntlich wird zuweilen schon durch die ungleichartige Beschaffenheit zweier eingetauchten Zinkstreifen eine geringe elektrische Erregung be-

bewirkt. Aus der Annahme einer solchen Ungleichheit läfst sich jedoch der gefundene Werth von $p=0{,}85$ nicht erklären, denn als die Zinkstreifen in Zinkvitriol eingetaucht wurden, wodurch an dem negativen Streifen sich chemisch reines Zink absetzen und folglich die ungleichartige Beschaffenheit beider Streifen auf einen möglichst hohen Grad gesteigert werden mufste, war der hierdurch herbeigeführte Widerstand, d. h. die Verminderung der ursprünglichen elektromotorischen Kraft, nur $p=0{,}46$.

Ich betrachte daher $p=0{,}85$ als die elektrische Differenz des Zinks und Wasserstoffs, oder doch als einen Näherungswerth derselben. Eben so betrachte ich den Polarisationswiderstand der Platinplatten in verdünnter Schwefelsäure als einen Näherungswerth für die elektrische Differenz des Sauerstoffs und Wasserstoffs. Denn durch die Wasserstoffschicht an der negativen Platinplatte, so wie durch die Sauerstoffschicht an der positiven Platinplatte, wird dasselbe bewirkt, wie wenn nicht zwei Platinstreifen, sondern ein Streifen festen Wasserstoffs und ein Streifen festen Sauerstoffs in die Säure wären eingeführt worden. Die elektromotorische Kraft des übrigen Theils der Kette wird also vermindert, einerseits durch die erregende Kraft des Wasserstoffs zu Platin, andererseits des Platins zu Sauerstoff oder beide zusammengenommen, des Wasserstoffs zu Sauerstoff. Die bei unmittelbarer Berührung von Wasserstoff und Sauerstoff geweckte elektromotorische Thätigkeit, oder die elektrische Differenz beider Stoffe bezeichnet demnach die äufserste Gränze des Widerstandes, der durch die Polarisation zweier Metalle im Zersetzungsgefäfse überhaupt entstehen kann. Man wird sich dieser Gränze um so mehr nähern, je vollständiger die eingetauchten Platten sich mit den Gasen zu bekleiden vermögen, und je vollständiger dadurch die unmittelbare Berührung der metallischen mit dem flüssigen Leiter vermieden wird.

Die für die Polarisation der Platinplatten früher gefundenen Werthe bleiben noch weit hinter dieser Gränze zurück, und dadurch erklärt es sich, dafs ein elektropositi-

veres Metall, z. B. Kupfer oder Zink, als negativer Pol verwendet, die elektromotorische Gegenkraft noch beträchtlich vermehren kann. Könnten die eingetauchten Streifen durch die Gase, womit sie sich umhüllen, von der Flüssigkeit vollständig isolirt werden, so würde die chemische Natur der Metallmassen ganz gleichgültig seyn.

Die Platinplatten werden in verschiedenen Flüssigkeiten, durch deren Elektrolyse Sauerstoff und Wasserstoff ausgeschieden werden, für gleiche Stromstärken nicht genau gleich stark polarisirt. Z. B. in reinen alkalischen Lösungen erhält die durch den Zersetzungsprocefs entstehende Gegenkraft immer einen etwas gröfseren Werth als in reiner Schwefelsäure, und übersteigt sogar für den Fall sehr starker Ströme die Zahl 14. Glaubersalzlösung bei verschiedenen Graden der Concentration verhielt sich eben so. Es ist wohl zu erwarten, dafs die ungleiche Fähigkeit verschiedener Flüssigkeiten, die gebildeten Gase zu absorbiren, auf die Gröfse des Polarisationswiderstandes von Einflufs seyn werde. Bei Alkalien und alkalischen Salzen kommt jedoch, wie ich glaube, noch weit mehr in Betracht, dafs die Wasserstoffbildung am negativen Pole eigentlich nur eine untergeordnete Erscheinung ist, weil durch die Elektrolyse eigentlich nicht das Wasser, sondern das Alkali zersetzt, und folglich ein alkalisches Metall, d. h. ein Stoff, der dem positiven Ende der elektrischen Reihe näher steht als Wasserstoff, an der negativen Platinplatte abgeschieden wird.

Anfangs vermuthete ich, dafs die Gröfse der Polarisation auch von der chemischen Natur der Zersetzungsflüssigkeit abhängig sey, weil, wie bekannt, Leiter von ungleicher Oberflächenbeschaffenheit (z. B. zwei Platinplatten, von welchen die eine mit Wasserstoff, die andere mit Sauerstoff überzogen ist) an den Berührungsstellen mit der Flüssigkeit eine ungleiche elektromotorische Thätigkeit bewirken, deren Unterschied die übrige Kraft der Kette entweder vermehren oder vermindern mufs. Diese elektrischen Erregungen, so leicht sie elektrometrisch nachweisbar sind, und so verschieden sich dieselben in verschiedenen Flüssig-

keiten zeigen, scheinen gleichwohl in flüssigen Leitern, so oft diese eine kräftige Zersetzung durch den Strom erfahren, keinen irgend in Betracht kommenden Einfluſs auf die Polarisation zu äuſsern. Vielmehr leiten die folgenden Versuche zu der noch allgemeineren Annahme: daſs, so oft starke Ströme in Bewegung sind, die flüssigen Leiter im Innern der Kette, welche durch den Strom zersetzt werden, durch ihre Contactwirkung auf die Oberfläche der eingetauchten festen Leiter, zu dem Werthe der elektromotorischen Kraft keinen in Betracht kommenden Beitrag, weder im positiven noch im negativen Sinne, zu liefern vermögen.

Erste Versuchsreihe.

Ein constantes Zink-Kohlenelement, dessen elektromotorische Kraft sowohl vor dem Anfange wie nach Beendigung der folgenden vier Versuchsreihen mit aller Sorgfalt gemessen wurde, und sich stets gleich 7,00 erwies, wurde mit einem Zersetzungsgefäſse verbunden, das durch Einsetzen einer porösen Thonzelle in zwei Abtheilungen geschieden war, deren jede eine groſse Kupferplatte aufnahm. Beide Abtheilungen wurden zuerst mit Kupfervitriol gefüllt. Der Strom ging von der in die Thonzelle eingetauchten Kupferplatte zu der auſserhalb befindlichen über, und so zurück zu seiner Quelle.

Man fand:

α^0.	n.	$(5{,}72+n)\ tang\ \alpha$. $=K-p$.	p.
10	32,85	6,800	0,200
11	29,24	6,795	0,205
15	19,15	6,758	0,242
20	12,92	6,783	0,217
25	8,77	6,754	0,246
35	3,94	6,759	0,241.

Der geringe Werth von p, der sich aus diesen Versuchen ergiebt, ist auf Rechnung einer in Folge der Schwerlöslichkeit des Kupfers in Kupfervitriol bewirkten Polarisation zu bringen; denn wenn man die in die Thonzelle

eingetauchte grofse Platte mit einem schmalen Kupferstreifen vertauschte, und dadurch die Angriffspunkte zwischen Metall und Flüssigkeit sehr verminderte, so entstand ein so grofser Polarisationswiderstand, dafs dadurch der gröfste Theil der ursprünglichen elektromotorischen Kraft in's Gleichgewicht gesetzt wurde. Zugleich schwärzte sich das angefressene Kupfer durch gebildetes Kupferoxyd.

Zweite Versuchsreihe.

Der Versuch wurde nun dahin abgeändert, dafs man in die Thonzelle anstatt des Kupfervitriols verdünnte Schwefelsäure brachte. Man erhielt jetzt:

α^0.	n.	$(4{,}77+n)$ *tang* α. $=K-p$.	p.
11	31,21	6,994	0,006
15	21,16	6,948	0,052
20	14,67	7,076	−0,076
25	10,22	6,990	0,010
30	7,42	7,038	−0,038
35	5,21	6,988	0,012
40	3,57	6,998	0,002.

Bei dieser Anordnung des Versuchs erhielt sich die ursprüngliche elektromotorische Kraft 7 augenscheinlich unverändert; obschon, wie man weifs, zwei Kupferplatten in eine Doppelzelle mit Schwefelsäure und Kupfervitriol eingetaucht, eine Art constanter elektrischer Ketten, von zwar sehr geringer, aber doch mit Hülfe empfindlicher Werkzeuge mefsbarer Kraft bilden. Diese Kraft war also entweder zu gering, um, verglichen mit der des Zink-Kohlenpaars, noch einen merklichen Einflufs bewirken zu können, oder sie ist bei den betrachteten Stromstärken durch eine entgegengesetzte Wirksamkeit von gleicher Gröfse aufgehoben worden.

Dritte Versuchsreihe.

Um hierüber mit mehr Sicherheit entscheiden zu können, wurden drei ähnliche Apparate (Kupferplatten in

Schwefelsäure und Kupfervitriol eingetaucht) hinter einander mit dem Zink-Kohlenpaare verbunden, so dafs die elektromotorische Kraft der ersteren, wenn sie vorher wegen ihres geringen Werthes der Beobachtung entgangen war, jetzt verdreifacht, eine deutlichere Wahrnehmung gestatten mufste. Es wurde gefunden:

α^0.	n.	$(8{,}27+n)\,tang\,\alpha$. $=K-p$.	p.
10	31,23	6,965	0,035
11	27,28	6,910	0,090
15	17,30	6,851	0,149
20	10,80	6,941	0,059
25	6,65	6,957	0,043
30	3,79	6,963	0,037
35	1,70	6,981	0,019
40	0,03	6,964	0,036.

Diese Versuche lassen nicht nur keine Vermehrung, sondern eher eine geringe Verminderung der ursprünglichen elektromotorischen Kraft erkennen.

Vierte Versuchsreihe.

In die Schwefelsäure der Thonzelle wurde jetzt eine Zinkplatte gestellt; der Kupfervitriol des äufseren Behälters wurde entfernt und durch Zinkvitriol ersetzt. In die letztere Flüssigkeit stellte man dann eine zweite Zinkplatte. Diese Anordnung für sich bildet bekanntlich ebenfalls einen Elektromotor von sehr geringer Triebkraft. Mit dem Zink-Kohlenpaar wie vorher verbunden, erhielt man jedoch:

α^0.	n.	$(4{,}64+n)\,tang\,\alpha$. $=K-p$.	p.
11	30,49	6,830	0,170
15	20,49	6,733	0,267
20	13,82	6,719	0,281
25	9,73	6,701	0,299
30	6,92	6,674	0,326
35	4,90	6,680	0,320
40	3,35	6,704	0,296.

Der geringe Werth von p erklärt sich wie früher aus der durch den Niederschlag von reinem Zink auf der ne-

gativen Polplatte bewirkten chemischen Ungleichheit] der beiden eingetauchten Zinkplatten; und so vereinigt sich die letzte Versuchsreihe mit den früheren zur Unterstützung der Annahme, dafs, so oft starke Ströme in Bewegung sind, die elektrolysirten Flüssigkeiten durch ihre directe Einwirkung auf die eingetauchten Metallplatten die ursprüngliche elektromotorische Kraft nicht merklich verändern können.

Kupfervitriol, Zinkvitriol und Schwefelsäure sind diejenigen Flüssigkeiten, welche als Bestandtheile in die constante Daniell'sche Kette eintreten. Aus den vorstehenden Versuchen geht daher hervor, dafs die elektromotorische Kraft dieser Kette (Ströme von einiger Stärke vorausgesetzt) nur auf der elektrischen Verschiedenheit des metallischen Kupfers und Zinks beruht.

Fünfte Versuchsreihe.

Ein constantes Kupfer-Zinkelement für sich geschlossen, lieferte folgende Resultate:

α^0.	n.	$K=(2,44+n)\ tang\ \alpha$.
40	2,575	4,208
30	4,86	4,215
25	6,57	4,197
20	9,09	4,201
15	13,29	4,215
		4,207.

Die Zahl 4,207 ist hiernach ein vergleichbarer Ausdruck der elektrischen Verschiedenheit des Zinks und Kupfers.

Sechste Versuchsreihe.

Das metallische Kupfer wird, wie man weifs, von rauchender Salpetersäure nicht angegriffen. Mit Kupfer in rauchende Salpetersäure getaucht und mit Zink in verdünnte Schwefelsäure getaucht, mufs sich daher eine der Daniell'schen ähnliche constante Kette zusammensetzen lassen, und diese Kette mufs, wenn der aus den vorhergehenden Versuchen gezogene Schlufs richtig ist, dieselbe elektromotorische Kraft wie die Daniell'sche besitzen. Man fand:

α^0.	n.	$K=(3,71+n)\ tang\ \alpha$.
40	1,46	4,338
35	2,45	4,313
30	3,78	4,324
25	5,55	4,318
20	8,18	4,328
		4,324.

Das Kupfer wird in der offenen elektrischen Kette bei der Berührung mit rauchender Salpetersäure stark positiv elektrisch, bei der Berührung mit verdünnter Schwefelsäure merklich negativ elektrisch erregt (Ann. der Pharm. und Chem., Bd. 42, S. 5). Die Uebereinstimmung in den Resultaten der beiden letzten Versuchsreihen bildet daher einen sehr kräftigen Beweis, dafs die elektrische Contactwirkung der Flüssigkeiten auf die eingetauchten Metallplatten verschwindet oder in's Gleichgewicht gesetzt wird, so oft dieselben von grofsen Elektricitätsmengen durchflossen werden.

Siebente Versuchsreihe.

Ein elektrischer Strom, abstammend von zwei Kohlen-Zinkpaaren, von der elektromotorischen Kraft $K=14,36$ wurde durch ein mit Zinkvitriol angefülltes Gefäfs geleitet. Dabei diente eine grofse Kupferplatte als positiver Pol, eine Zinkplatte als negativer Pol. Das heifst das Kupfer wurde unter der Einwirkung des Stroms aufgelöst, während sich Zink an der Zinkplatte absetzte. — Eine Zinkplatte als positiver Pol, an der Stelle der grofsen Kupferplatte, würde die elektromotorische Kraft des Stroms unverändert lassen. Durch den Einflufs der Kupferplatte mufs aber diese Kraft um den vollen Werth der elektrischen Erregung des Kupfers bei der Berührung mit chemisch reinem Zink vermindert werden. Gefunden wurde:

α^0.	n.	$(15,12+n)\ tang\ \alpha$ $=K-p$.	p.
33	0,28	10,000	4,360
30	2,19	9,994	4,366
25	6,25	9,965	4,395
20	12,40	10,010	4,350
			4,37.

Auch auf dem nachfolgenden, von den vorher gewählten ganz verschiedenen Wege gelangt man zu demselben, die elektrische Differenz des Kupfers und Zinks bezeichnenden Zahlenausdrucke.

Achte Versuchsreihe.

Der Strom der beiden Kohlenzinkpaare ($K = 14{,}36$) wurde durch verdünnte Schwefelsäure geleitet, in welche eine grofse Kupferplatte als positiver Pol, ein 12,5 Millimeter breiter Zinkstreifen als negativer Pol, der letztere nur 11 Millimeter tief eintauchte. Das Kupfer wurde also aufgelöst, das Zink mit einer Wasserstoffhülle umgeben; die elektromotorische Kraft folglich um die Wirkung des Kupfers zu Zink und des Zinks zu Wasserstoff, oder im Ganzen um den Werth der Polarisation des Kupfers durch Wasserstoff vermindert. — Die positive Polplatte (Kupferplatte) wurde hierauf entfernt und durch eine Zinkplatte ersetzt. Die elektromotorische Kraft mufste sich also, alles Uebrige ungeändert gelassen, gerade um die Wirkung des Zinks zu Kupfer erhöhen.

Die Resultate dieser beiden Versuchsreihen sind in der folgenden Tafel zusammengestellt:

Ablenkung der Nadel.	Kupferplatte als positiver Pol.		Zinkplatte als positiver Pol.	
α^0.	n.	$(6+n)\,tang\,\alpha.$ $=K-p.$	n.	$(12{,}26+n)\,tang\,\alpha.$ $=K-p.$
35	7,04	9,131	—	—
30	9,77	9,100	11,14	13,51
25	13,51	9,098	16,72	13,51
20	19,10	9,135	24,85	13,51
		9,116		13,51.

Im ersten Falle wurde die Kraft 9,116, im zweiten 13,510 gefunden. Der Unterschied 4,394 entspricht in der That der auch auf andere Weise ermittelten elektrischen Differenz des Kupfers und Zinks.

Neunte Versuchsreihe.

Das in der sechsten Versuchsreihe beschriebene Verfahren ist anwendbar, um den elektrischen Unterschied des Zinks zu allen denjenigen Körpern, welche in rauchender Salpetersäure nicht angegriffen werden, zu bestimmen. Einige Versuche zur Bestimmung der elektrischen Differenz des amalgamirten Zinks zu Kohle und Platin sind in der folgenden Tafel zusammengestellt:

	Kohle.		Platin.	
α.	n.	$(4+n)$ *tang* α $=K$.	n.	$(4{,}25+n)$ *tang* α. $=K$.
40	5,36	7,854	4,57	7,392
35	7,21	7,850	6,20	7,345
30	9,60	7,852	8,50	7,361
25	12,88	7,871	11,49	7,340
20	—	—	16,18	7,436
		7,856		7,375.

Wenn in die Schwefelsäure-Zelle anstatt des Zinks eine Kupferplatte eingetaucht wurde, während die Platinplatte in der rauchenden Salpetersäure blieb, so mufste sich aus der so gebildeten constanten Kupfer-Platin-Kette die elektrische Differenz dieser beiden Metalle ableiten lassen. Der Versuch führte zu folgendem Resultate:

α.	n.	$K=(3{,}42+n)$ *tang* α.
30	1,72	2,968
25	2,92	2,956
20	4,73	2,966
15	8,12	3,092
		2,995.

Als elektrische Differenz des Zinks zu Kupfer wurde in der sechsten Versuchsreihe die Zahl 4,324 gefunden. Hierzu 2,995 addirt, erhält man 7,319, einen Werth, welcher dem vorher für die elektrische Differenz des Zinks zu Platin ermittelten in der That sehr nahe kommt.

Das Verschwinden einer jeden elektrischen Erregung an den Berührungsstellen der festen mit den durch starke Ströme elektrolysirten flüssigen Leitern, führt zu einem einfachen Verfahren, um die Gröfse der elektrischen Erregung an der

Gränzfläche zweier Flüssigkeiten zu messen. Man leite z. B. den Strom einer elektrischen Kette von bekannter elektromotorischer Kraft durch Kupfer, Kupfervitriollösung zu Kupfer; man leite sodann denselben Strom durch Kupfer, verdünnte Schwefelsäure und Kupfervitriol zu Kupfer. In beiden Fällen wird die erste Kupferplatte aufgelöst, an der zweiten scheidet sich Kupfer ab. Ein Unterschied kann nur durch die elektrische Einwirkung der Schwefelsäure auf den Kupfervitriol bedingt werden.

Es ist mir auf diesem Wege bis jetzt nicht gelungen eine ganz unzweifelhafte Einwirkung schwefelsaurer Metallsalze auf Schwefelsäure und Salpetersäure, oder dieser beiden Säuren auf einander zu erkennen, und ich schliefse hieraus, dafs diese elektrischen Erregungen jedenfalls so gering sind, dafs die davon abhängigen Veränderungen der elektromotorischen Kräfte in die Fehlergränze fallen.

Eine vergleichungsweise sehr starke elektromotorische Kraft zeigt sich dagegen an der Berührungsstelle des Aetzkalis und der Salpetersäure. Näheren Aufschlufs hierüber giebt die

Zehnte Versuchsreihe.

Ein Glasgefäfs wurde theilweise mit rauchender Salpetersäure gefüllt, in die Mitte desselben eine Aetzkali haltende Thonzelle eingesetzt und in beide Flüssigkeiten Kohlencylinder gebracht. Das positive Ende einer aus zwei Kohlenzinkpaaren bestehenden Kette, deren Kraft $K=13{,}81$ gefunden worden war, führte zu dem Kali, das negative Ende zu der Salpetersäure dieses Zersetzungsbehälters.

Der bei der beschriebenen Anordnung an dem positiven Pole auftretende Sauerstoff wurde unter dem gleichzeitigen Einflusse der Kohle und des Kalis sogleich zur Bildung von kohlensaurem Kali verwendet; der am negativen Pole abgesetzte Wasserstoff durch die Salpetersäure sogleich zu Wasser oxydirt. Ein durch Polarisation bewirkter Widerstand konnte also nicht entstehen, und die erregende Kraft der beiden Zink-Kohlenpaare mufste nun den

vollen Betrag der Erregung des Kalis durch die Salpetersäure an ihrer Berührungsfläche vermehrt werden. In der That erhielt man:

α^0.	n.	$K=(12,10+n)\ tang\ \alpha$.
20	35,70	17,40
25	25,26	17,42
30	17,91	17,33
35	12,78	17,42
40	8,62	17,39
		17,40.

17,40 — 13,81 = 3,59 bezeichnet die elektrische Verschiedenheit des Aetzkalis und der Salpetersäure.

In der sogenannten Becquerel'schen Kette, aus Platin, Aetzkali und Salpetersäure gebildet, wird bekanntlich Sauerstoff an der in das Kali eintauchenden Platinplatte entwikkelt, während die ähnliche aus Platin, Schwefelsäure und Salpetersäure zusammengesetzte Kette bei weitem so wirksam nicht ist. Die beträchtliche elektrische Differenz der Salpetersäure und des Kalis erklärt nunmehr leicht diese Verschiedenheit. — Einige Versuche, um für diese Verschiedenheit den genaueren Zahlenausdruck zu gewinnen, mögen zum Schlusse hier eine Stelle finden. Zu dem Ende wurde der Strom derselben Zink-Kohlenkette, welche bei der vorhergehenden Versuchsreihe benutzt worden war, abwechselnd durch die Becquerel'sche Kali-Kette und durch die analoge Schwefelsäure-Kette geleitet. Man fand:

	Schwefelsäure-Kette.		Kali-Kette.	
α.	n.	$K=(5,36+n)\ tang\ \alpha$.	n.	$K=(5,92+n)\ tang\ \alpha$.
40	5,29	8,911	8,25	11,89
35	7,28	8,851	10,96	11,82
30	10,00	8,868	14,64	11,87
25	13,72	8,897	—	—
		8,882		11,86.

Der Unterschied beider Kräfte erreicht nicht ganz die Zahl 3,59, weil, wie früher gezeigt wurde, das Platin im Aetzkali etwas stärker als in der Schwefelsäure polarisirt wird.

III. *Ueber eine Polarisations-Erscheinung, beobachtet beim Durchgang magneto-elektrischer Ströme durch Flüssigkeiten;*
von A. Saweljev.

(Aus dem *Bull. phys. math. de l'acad. de St. Petersb., T. VI, p.* 267.)

Im §. 65 seiner galvanischen und elektro-magnetischen Versuche (s. *Bulletin physico-math., T. V, No.* 14)[1]) beschreibt Hr. Academiker Jacobi eine sehr interessante Erscheinung der galvanischen Polarisation. Er bemerkte nämlich, wenn er durch eine verdünnte Goldchloridauflösung einen schwachen Strom hindurchgehen liefs, und dann, mit Hinweglassung der Kette, die (Platin-) Elektroden mit dem Multiplicator verband, dafs alsdann ein sehr starker Strom in einer, der früheren entgegengesetzten Richtung entstand, ein Strom, welcher jedoch keine Zersetzung des Goldchlorids bewirkt. Hr. Jacobi erklärt diese scheinbare Abwesenheit der chemischen Wirkung ganz richtig dadurch, dafs durch frühere Zersetzung des Goldchlorids (mittelst der Daniell'schen Kette) Wasserstoffgas auf der Kathode und Chlor auf der Anode hängen geblieben waren, und dafs, beim Verbinden der Elektroden mit dem Multiplicator, das auf der positiven, mit Gold bedeckten, Elektrode entstehende Chlor sich mit dem daran haftenden Wasserstoffgas, dahingegen auf der negativen Platinelektrode das entstehende Wasserstoff mit dem Chlor sich verbanden.

Diese Erscheinung erinnerte mich an eine andere nicht minder merkwürdige, welche ich schon vor drei Jahren beobachtet und in einer russischen Dissertation beschrieben hatte. Indem ich den Leitungswiderstand eines kleinen Voltameters (mit verdünnter Schwefelsäure und Platinelektroden) mittelst instantaner magneto-elektrischer Ströme (nach der

1) Annalen, Bd. 69, S. 221.

Methode des Hrn. Academikers Lenz) bestimmen wollte, liefs ich einen solchen Strom zuerst nach der einen und dann nach der entgegengesetzten Richtung gehen, und fand, zu meiner Verwunderung, dafs die Ablenkungen der Nadel in beiden Fällen sehr ungleich waren, obgleich die Verbindung mit dem Multiplicator jedesmal so abgeändert wurde, dafs die Nadel immer in einer und derselben Richtung abwich, und obgleich die Elektroden vor dem Versuche sich ganz homogen zeigten. Die Ablenkung war namentlich in einem Falle 17°, während sie in dem anderen nur 9°,7 betrug. Dieselbe Erscheinung ergab sich auch bei einem anderen Zersetzungsapparate, wo die Ablenkungen 11°,5 und 7°,27 waren. Da ich diese sonderbare Heterogenität nicht zu erklären wufste, und sie deshalb auch genauer zu erforschen wünschte, liefs ich die magneto-elektrischen Ströme successiv vier Mal nach einer und vier Mal nach entgegengesetzter Richtung durch diesen Apparat gehen und beobachtete folgende Ablenkungen:

(Jede hier angedeutete Ablenkung ist Mittel aus vier Beobachtungen.)

Strom

	nach einer Richtung	nach entgegengesetzter
1)	11°,05	
2)	. . . .	7°,27
3)	9 ,05	
4)	. . . .	6 ,65
5)	8 ,875	
6)	. . . .	6 ,67
7)	7 ,52	
8)	. . . .	6 ,31
9)	7 ,45	
10)	*a*	6 ,45.

Ein hydro-elektrischer Strom zeigte keinen Unterschied, mochte er nach der einen oder nach der entgegengesetzten Richtung durch die Flüssigkeit geleitet werden.

Aus dieser und einigen anderen Reihen von Beobachtungen konnte ich schon die Ursache dieser Erscheinung vermuthen, und um mich vollständig davon zu überzeugen, stellte ich folgende Versuche an: Die Platinelektroden wurden mit Kohle gereinigt; der magneto-elektrische Strom zeigte dann keinen Unterschied in seiner Stärke, ob er nach der einen oder nach der anderen Richtung ging; es waren die Ablenkungen 7°,25 und 7°,20. Dann liefs ich den Strom von zwölf Daniell'schen Paaren durch die Flüssigkeit während einer Zeit von zwei Minuten gehen; mit einem Nobili'schen Multiplicator verbunden, zeigten sich die Elektroden, wie es zu erwarten war, heterogen, und lenkten die Nadel auf 110° ab; nach einer kurzen Zeit aber war diese Heterogenität ganz verschwunden, und die Nadel kam vollkommen in ihre Normallage, so dafs man mit Sicherheit annehmen konnte, dafs die Platten ganz homogen seyen. Aber in Hinsicht magneto-elektrischer Ströme ergab sich ihre Differenz sogleich: wenn ein solcher Strom nach derjenigen Richtung durch die Flüssigkeit geleitet wurde, nach welcher früher der hydro-elektrische ging, so lenkte er die Nadel 6°,875, ging er nach der entgegengesetzten Richtung, so wurde die Ablenkung beinahe doppelt so grofs, nämlich 11°,45. Später fand ich, dafs nicht nur bei Anwendung vielplattiger Batterien, sondern auch der Strom eines einzigen Paares (welches keine scheinbare Wasserzersetzung bewirkt) den Elektroden diese Eigenschaft zu verschaffen vermag, und dafs man auch umgekehrt diese Eigenschaft vernichten kann, wenn man den Strom eines Daniell'schen Paares durch die Flüssigkeit nach einer Richtung wirken liefs, nach welcher früher der magneto-elektrische Strom besser ging.

Aus diesem allen geht hervor: 1) dafs beim Durchgang eines galvanischen Stromes durch eine Flüssigkeit die Gase (auch dann, wenn sie nicht sichtbar sind, wie bei einem Strome von einem Daniell'schen Paare) die Oberfläche der Elektroden verändern, indem sie dieselben nicht allein auf solche Weise heterogen machen, dafs die Elektroden, wenn

sie in sich geschlossen sind, einen Strom erzeugen, sondern dafs sie auch 2) eine ganz andere Heterogenität hervorbringen, welche, bei vollkommener Gleichheit der Elektroden in Bezug auf das Galvanometer für gewöhnliche galvanische Ströme, sich nur in Bezug der Richtung der magneto-elektrischen Ströme, die man durch dieselbe löst, bemerkbar macht; der Strom geht durch dieselbe viel leichter dann, wenn er eine dem früheren entgegengesetzte Richtung hat; dann verbinden sich die durch ihn entwickelten Gase mit den vorher durch die Platten absorbirten, und können folglich keine, oder nur eine viel geringere Polarisation erzeugen, und 3) dafs die einmal auf den Elektroden entwickelten Gase eine sehr lange Zeit auf denselben adhäriren können. So waren die Voltameter, bei denen ich zuerst die beschriebene Erscheinung beobachtete, wenigstens einen Monat vor meinen Versuchen nicht gebraucht worden, so dafs also die Gase diese ganze Zeit auf ihnen haften geblieben sind.

IV. *Beschreibung eines verbesserten Endosmometers; von Dr. Karl Vierordt in Karlsruhe.*

[Das Nachfolgende ist ein Auszug aus der in Griesinger's *Archiv für physiologische Heilkunde* veröffentlichten Abhandlung: „Physik des organischen Stoffwechsels", welche mir von dem Hrn. Verf. übersandt wurde, um auch die Physiker mit der von ihm bei endosmostischen Versuchen angewandten Methode bekannt zu machen. *P.*]

An zwei Glascylinder *A* und *B*, Fig. 11, Taf. II, deren jeder eine Länge von etwa 82 Millimeter und einen inneren Durchmesser von durchschnittlich 36 Millim. hatte, während sie vorne und hinten offen waren, wurde an das eine Ende ein messingener Ring *a*, Fig. 11 und 12, gekittet, dessen innerer Durchmesser (*ii*) 40½ Millim. betrug, und der nach aufsen in eine flächenartige Ausbreitung, *ib*, Fig. 11 und 12, Taf. II, überging. Beide Flächen berührten ein-

ander vollkommen genau in einer Contactfläche *ib* von $11\frac{1}{2}$ Millim. Breite. Zwischen diese beiden Flächen wurde ein Membran gebracht und mittelst drei Schrauben *m* fest an einander geprefst, wodurch ein wasserdichter Verschlufs bewirkt wurde. Die Membran war in einem, dem inneren Durchmesser *ii* jener Ringe entsprechenden Umfange frei.

Das entgegengesetzte Ende jedes Glascylinders wurde durch eine messingene Platte *c* verschlossen, welche oben durchbohrt war, und daselbst in eine napfförmige Oeffnung *d*, von der Dicke eines Fingers, überging. An diese Oeffnung wurde eine, nach Zehnteln eines Kubikcentimeters genau graduirte Glasröhre *e* luftdicht angeschraubt. Diese Glasröhre war 1 bis $1\frac{1}{2}$ Meter lang [1]), und hatte in der Regel einen inneren Durchmesser von 6 Millimetern. Viel enger darf die Röhre nicht seyn, weil sonst das Füllen derselben mit Flüssigkeit mit Schwierigkeiten verbunden, ja bei sehr geringem Lumen selbst ganz unmöglich wäre; es genügt durchaus, wenn man, wie bei meinem Apparate, die Volumbestimmungen bis auf $\frac{1}{50}$ Kubikcentimeter genau vollführen kann.

Die Membran, welche sich zwischen beiden Glascylindern befindet und die beiden Flüssigkeiten von einander trennt, ist, selbst wenn sie vorher straff angezogen ward, immer noch beweglich genug, um, wenn auf der einen Seite derselben eine Volum- oder Gewichtszunahme erfolgt, nachzugeben, und dem dadurch resultirenden Drucke gemäfs, alsdann nach der anderen Seite auszuweichen. Diese Ausweichung kann im Centrum der Membran 15 und mehr Millimeter betragen. Da, wie aus obigen Daten hervorgeht, die freie Fläche jeder Seite der Membran 12,8800 Quadratcen-

1) In der Abbildung ist sie, um Raum zu ersparen, verhältnifsmäfsig kürzer gezeichnet, wie ich überhaupt bemerken mufs, dafs die Dimensionen der einzelnen Theile des Apparates nicht in der Abbildung, sondern nur in der Beschreibung richtig angegeben sind, indem diejenigen Theile, welche complicirter sind, der Deutlichkeit wegen, verhältnifsmäfsig gröfser gezeichnet werden mufsten.

centimeter beträgt, so sieht man leicht ein, dafs, wenn sie nur sehr wenig, d. h. nur um einige Millimeter, nach einer Seite hin ausgewichen ist, ein beträchtliches, mehrere Kubikcentimeter betragendes Fallen der Flüssigkeit auf der concaven Seite der Membran, dagegen ein Steigen in der Röhre auf der convexen Seite derselben die Folge seyn mufs. Die Nichtbeachtung dieses Umstandes macht die früher angewendeten Endosmometer zu auch nur annähernd genauen Messungen völlig untauglich. Es wurden deshalb von mir zu beiden Seiten der Membran Vorrichtungen angebracht, welche anzeigten, ob die Membran im Verlaufe des Experiments eine andere Lage eingenommen hatte, als zu Anfang des Versuches. Dieses wurde durch zwei sehr feine, durch ihr Gewicht keine Störung hervorbringende Schieber (*y*, *y*) von Glas bewerkstelligt, welche in der Mitte der Membran, auf beiden Seiten der letzteren, mit etwas Siegellack genau in wagrechter Richtung befestigt wurden, und die in eine schwarze, leicht wahrnehmbare Spitze ausliefen. Dadurch wurde die Oberfläche der Membran etwas verringert; es wurde aber Sorge getragen, dafs das Siegellackkügelchen bei jedem Versuche die gleiche Gröfse hatte, damit die Membran immer die gleiche Oberfläche darbot. Ein einziger Schieber würde schon hinreichen; mittelst zweier, die sich gegenseitig controliren, wird der gröfstmöglichste Grad von Genauigkeit erreicht und die geringste Verschiebung der Membran auf das Genaueste erkannt. Auch haben zwei Schieber den Vortheil, dafs man nach Abfallen eines derselben während des Versuches noch immer mittelst des festsitzenden genaue Volumbestimmungen anstellen kann. Man sieht leicht ein, dafs das Drahtsieb, welches man an der äufseren Fläche der Membran bei den älteren Endosmometern hie und da angebracht hat, nicht im Stande seyn kann, die Ausweichung der Membran und das Hineinstülpen derselben in die Maschen des Siebes zu verhüten, abgesehen von anderen Nachtheilen, die es mit sich bringt, z. B. die Verringerung der Contactfläche. Indem nun während des Experiments die eine Flüssigkeit an

Volum in der Regel zunimmt, so wird dadurch die Membran gegen die andere Seite gedrängt, wodurch die Schieber ihre Stellung verändern. Wenn alsdann durch die sogleich zu besprechende Vorrichtung ein Gegendruck angebracht wird, der die Schieber, respective die Membran in die frühere Lage, die man sich zu Anfang des Experimentes genau bemerkt haben mufs, zurückdrängt, so zeigen die Niveaux der Flüssigkeiten in beiden Glasröhren Differenzen, welche vorher nicht bemerkt werden konnten, indem durch das Ausweichen der Membran die eingetretenen Volumdifferenzen compensirt wurden. Das Zurückdrängen der Membran in ihre frühere Lage geschieht durch folgende Vorrichtung. Auf das obere Ende der Röhre, in welcher sich diejenige Flüssigkeit befindet, welche eine Volumabnahme erleidet, welche in der Regel das Wasser ist, oder, bei beiderseitig angewandten Solutionen desselben Körpers die diluirtere Lösung, wird eine Manometerröhre *h* luftdicht angeschraubt. Letztere besteht aus einem kurzen, aufsteigenden Schenkel, einem etwas längeren, stark erweiterten, absteigenden, und drittens dem längsten, aufsteigenden, auf welchem letzteren eine Längeneintheilung angebracht ist. Die Erweiterung in dem zweiten Schenkel ist nothwendig, damit eine bedeutende Zunahme der Flüssigkeitssäule in dem langen Schenkel nur ein geringes Steigen in dem zweiten, erweiterten Schenkel zur Folge hat. Durch das obere Ende des langen Schenkels wird Wasser, oder, wenn man einen stärkeren Druck nöthig hat, Lösung von *Zincum sulphuricum* oder Quecksilber eingegossen, in solcher Menge, um denjenigen Druck hervorzubringen, mittelst welches die während des Experiments erfolgte Ausweichung der Membran aufgehoben wird, so dafs letztere wieder genau die Lage erhält, welche sie zu Anfang des Versuches hatte. Die erwähnten Vorrichtungen mittelst des Schiebers und des Manometers setzten mich in Stand, so kleine Volumänderungen der Flüssigkeiten zu erkennen, als es für die Genauigkeit des Experiments nur irgend wünschenswerth ist. Man kann sich davon leicht überzeugen, indem man

bei genau notirter Lage der Spitzen beider Schieber und der Wasserhöhen in beiden Röhren in eine der letzteren eine gewisse Quantität Wasser, z. B. ein Kubikcentimeter eingiefst. Darauf steigt die Flüssigkeit in jeder Röhre, wenn letztere genau gleich weit sind, um ½ Kubikcentimeter, wobei sich zugleich die Schieber etwas aus ihrer Lage begeben. Werden mittelst des Manometers die Schieber wieder in die ursprüngliche Lage gebracht, so zeigt die eine Flüssigkeit noch ihr früheres Niveau, wogegen die andere Flüssigkeit, zu welcher man 1 Kubikcentim. Wasser gegossen hat, genau um letzteres Volum gestiegen ist. Das Manometer kann ferner noch dazu benutzt werden, um die eine Flüssigkeit einem viel stärkeren Druck auszusetzen, als die andere, und zugleich diese Druckdifferenzen zu messen. Endlich kann man auch an die zweite Röhre *e* ein Manometer anschrauben, und durch Eingiefsen von Quecksilber in beide Manometer beide Flüssigkeiten unter einen verstärkten, aber gleichen Druck stellen.

Wenn im Verlauf des Experiments in Folge einer bedeutenden Volumzunahme der einen Flüssigkeit und des dadurch bedingten Ansteigens der Flüssigkeitssäule in der entsprechenden Röhre der Druck auf die Membran sehr zugenommen hat, so erreicht diese letztere nach und nach das Maximum der Spannung, und sie kann nicht mehr weiter ausweichen. Die Folge davon ist, dafs die Flüssigkeit auf der concaven Seite der Membran unter einem stärkeren Drucke steht, als diejenige auf der convexen Seite der Scheidewand, wodurch bedeutende Störungen im Experiment entstehen müssen, ein Umstand, auf welchen bei den früheren Endosmosenversuchen keine Rücksicht genommen worden ist. Man kann allerdings anfangs beiden Flüssigkeitssäulen eine solche Höhe geben, dafs sie, wenn sie sich umgekehrt verhalten wie ihre specifischen Gewichte, im Gleichgewicht sind; im Verlaufe des Experiments mufs aber, wenn die Volumzunahme auf der einen Seite nur irgend beträchtlich ist, eine Ungleichheit im Druck auf beiden Seiten der Membran entstehen. Dieses wird durch folgende

Vorrichtung, welche mir Hr. Prof. Eisenlohr hierselbst angegeben hat, vermieden. Es versteht sich von selbst, dafs man diese Vorrichtung in denjenigen Versuchen, wobei die Endosmose gering ist, nicht nöthig hat, womit eine nicht geringe Mühe dem Experimentator gespart werden kann.

Beide Glascylinder, *A* und *B*, erhalten unten und in der Mitte eine Verlängerung, welche offen ist. In dieselbe wurde eine messingene Röhre *q* (Fig. 13 und 14, Taf. II) eingepafst, welche durch einen Hahn *p* verschlossen werden konnte. Das unter dem Hahn befindliche untere Ende der Röhre erweiterte sich trichterförmig (Fig. 13, *x*), und in diese Erweiterung pafste ein durchbohrter Conus von Messing (*t*, Fig. 14) vollkommen genau ein. Letzterer wurde mittelst einer Mutter *s* an das trichterförmige Ende der Röhre *q* angeschraubt, so dafs zwischen letzterem und dem Conus keine Flüssigkeit durchtreten konnte. In den Conus war der eine Schenkel einer U förmig gebogenen Glasröhre *r* eingepafst, deren anderer Schenkel mit derselben Vorrichtung an dem zweiten Cylinder verbunden war. Diese Verbindungsröhre war an ihren beiden gerade absteigenden Schenkeln graduirt nach zwei Millimetern.

Die Cylinder *A* und *B* wurden, nachdem eine Membran zwischen dieselben gebracht worden war, nach Verschliefsung der beiden Hähne *p* mit Flüssigkeit gefüllt, und sodann auch in die an die Cylinder angeschraubten Röhren *e* Flüssigkeit bis zu einer gewissen Höhe gegossen. Der untere gebogene Theil und die untere Hälfte der beiden Schenkel der U förmigen Verbindungsröhre wurde mit Quecksilber, und die obere Hälfte jedes Schenkels mittelst eines sehr feinen Röhrchens mit derjenigen Flüssigkeit gefüllt, womit derjenige Glascylinder, an welchen dieser Schenkel angeschraubt war, gefüllt war. Nachdem das U förmige Verbindungsrohr fest angeschraubt war, wurden die zwei Hähne *p* geöffnet, und die wenigen Luftblasen, welche sich noch daselbst befanden, durch Schiefhalten des Apparats entfernt.

An die Verbindungsröhre brachte ich eine ähnliche, klei-

nere Röhre *u* an, welche an beiden Enden offen war. Es wurde in dieselbe Quecksilber gegossen; die Kuppen des Quecksilbers gaben genau die wagrechte Linie an, und so konnte ich mich überzeugen, ob das Quecksilber in beiden Schenkeln der Verbindungsröhre *r* gleich hoch stand, folglich die Flüssigkeiten zu beiden Seiten der Membran unter gleichem Drucke sich befanden.

Gab nun im Verlaufe des Experiments die Membran nicht mehr weiter nach, so wirkte das stärkere Gewicht der einen Flüssigkeitssäule auf die in der Verbindungsröhre befindliche Flüssigkeit, was ein Fallen des Quecksilbers zur Folge hatte. Nach Eingiefsen von Quecksilber in das Manometer auf der entgegengesetzten Seite standen die Quecksilberniveaux beider Schenkel der Verbindungsröhre wieder gleich, und der Druck, unter welchem die Flüssigkeiten zu beiden Seiten der Membran standen, war wieder derselbe.

Der ganze Apparat wurde auf ein Gestell *k* von Holz gesetzt, und beide Röhren *e* an die zwei senkrechten Stäbe *n* befestigt.

Das so eben beschriebene Endosmometer erfüllt alle Anforderungen, die an ein solches Instrument zu stellen sind, indem die Flüssigkeiten beständig unter dem gleichen Drucke sich befinden, und die kleinsten Volumänderungen derselben auf das Genaueste bestimmt werden können, Bedingungen, welchen die älteren Apparate weit entfernt waren zu entsprechen. Zugleich ist der Apparat so einfach, als es nur immer möglich seyn kann. Ich glaube deshalb, denselben künftigen Forschern mit Recht empfehlen zu dürfen.

Die früheren Experimentatoren gaben immer nur die Volumänderung der einen Flüssigkeit an, was bei den gebräuchlichen Endosmometern auch nicht anders möglich ist. Die beiderseitigen Volumbestimmungen sind aber schon deshalb nöthig, weil sie sich gegenseitig controliren und die Richtigkeit des Experiments aufser Zweifel stellen.

Es giebt übrigens eine Methode, die Volumänderungen, welche während des Experiments stattgefunden haben, für

beide Flüssigkeiten zu bestimmen, ohne dafs man dieselben direct gemessen hat.

Es sey v das Volumen der ersten	}	Flüssigkeit zu Anfang des Versuchs
v' - - - zweiten		
s - spec. Gew. der ersten		
s' - - - - zweiten		
g - - - - ersten	}	Flüssigkeit zu Ende des Versuchs.
g' - - - - zweiten		

x sey die unbekannte Volummenge, welche von der zweiten Flüssigkeit zur ersten (von v' zu v) überging, und y die gesuchte Volumquantität, die von der ersten zur zweiten Flüssigkeit übertrat. Also ist, unter zwei Voraussetzungen, welche sogleich besprochen werden sollen:

$v + x - y =$ Volum der ersten Flüssigkeit	}	zu Ende des Versuchs.
$v' - x + y =$ - - zweiten -		

Wir haben deshalb zur Bestimmung von x und y die beiden Gleichungen:

$$\text{I.} \quad vs + xs' - ys = (v + x - y)g$$

$$\text{II.} \quad v's' - xs' + ys = (v' - x + y)g'.$$

Diese Betrachtungsweise involvirt zwar eine Voraussetzung, die nicht richtig ist, nämlich die von Brücke mit den evidentsten Gründen widerlegte Annahme, dafs die beiderseitigen Flüssigkeiten *in toto* durch die Membran hindurchgehen. Es ist schon in meinem im vorigen Jahrgang des Griesing. Archivs mitgetheilten Bericht darauf aufmerksam gemacht worden, dafs wir z. B. bei der Endosmose zwischen Wasser und Kochsalzlösung nicht annehmen dürfen, dafs von der letzteren eine gewisse Portion zum Wasser übergegangen sey, sondern dafs wir nur von einem Uebergang einer Quantität des in der Kochsalzsolution gelösten Kochsalzes zum Wasser, so wie ein Uebertreten von Wasser zur Kochsalzlösung statuiren können. Wenn wir deshalb aus den durch die oben angedeutete Rechnung erhaltenen Daten die Volummenge der Lösung erhalten haben, welche zum Wasser überging, so läfst sich die dieser Volummenge entsprechende Menge des gelösten Körpers, welche zum Wasser übertrat, einfach berechnen. Die Was-

sermenge, die zur Lösung übergegangen ist, findet sich aus der Rechnung direct.

Es ist aber hier noch eine kleine Fehlerquelle zu eliminiren, wenn man bei dem erwähnten Calcul ganz genaue Resultate haben will, nämlich die Volumänderungen, welche durch die Vermischung beider Fluida entstehen. Ich hoffe, diese indirecten Bestimmungen der Volumänderungen in der Folge vielleicht zur Untersuchung einiger, die Verhältnisse des Organismus zunächst betreffenden Vorgänge anwenden zu können.

Indem die Membran sich während des Versuchs mit Flüssigkeit imprägnirt, nimmt sie an Dicke zu, ein Umstand, der bei der Messung der Volumina Rücksicht verdient. Dieses Anschwellen der Membran findet besonders dann statt, wenn dieselbe schon zu einigen Versuchen gedient hat. Ich fand in einigen Fällen durch Messungen unter dem Mikroskop, dafs die Membran selbst um das Doppelte und Dreifache an Dicke zugenommen hatte. Während das Volum der Membran aus den Resultaten der mikrometrischen Messung der Dicke derselben und dem bekannten Flächeninhalte der Membran in einem Fall vor dem Versuch zu 0,12 Kubikcentimeter berechnet wurde, betrug das Volum derselben nach Beendigung des Versuchs 0,36 Kubikcentimeter. Es mufsten also in Folge dieses Dickerwerdens der Scheidewand die Volumänderungen jeder der beiden Flüssigkeiten in obigem Fall um 0,12 Kubikcent. falsch bestimmt werden, indem die Flüssigkeit, die eine Abnahme erlitten hatte, noch $\frac{1}{12}$ Kubikcent. mehr verlor, während die Volumzunahme der andern Flüssigkeit um $\frac{1}{12}$ Kubikcent. zu grofs gefunden wurde; dabei mufs ich jedoch bemerken, dafs dieses Anschwellen der Membran in sehr verschiedener Weise, manchmal selbst fast gar nicht, erfolgte, so dafs ich nicht im Stande bin, die daraus entstehenden Störungen zu beseitigen. Da es sich aber bei diesen Versuchen um Volumdifferenzen von $1\frac{1}{2}$ bis 7 und mehr Kubikcent. handelt, so können wir die erwähnte Fehlerquelle nicht für bedeutend halten. Jedenfalls kann die strenste Kritik kei

nen Vorwurf machen wegen eines Umstandes, der in der Natur des Versuchs liegt und nicht zu beseitigen ist.

Schliefslich habe ich noch auf ein Verhältnifs aufmerksam zu machen, auf das ich keine Rücksicht genommen habe, und welches möglicherweise eine Störung veranlassen kann. Die Vermischung der Flüssigkeiten geschieht, wenn keine chemische Affinität wirksam ist, bekanntlich langsam, und es ist leicht möglich, dafs die der Membran zunächst liegenden Flüssigkeitsschichten nicht unerhebliche Differenzen zeigen von den entfernter befindlichen Schichten. Ich kam deshalb schon vor Beginn meiner Versuche auf den Gedanken, durch einen Mechanismus beide Flüssigkeiten in beständiger Agitation zu erhalten, ging aber davon wieder ab, weil ich annehmen mufste, dafs beim Uebergang von Wasser zu der concentrirten Flüssigkeit der Vermischung beider Fluida durch die Schwere nachgeholfen wird, indem die höher liegenden Schichten der concentrirteren Flüssigkeit ein gröfseres specifisches Gewicht zeigen, als die tiefer liegenden, die so eben Wasser aufgenommen haben, wodurch diese Störung ausgeglichen werden mufs. Hinsichtlich der anderen Flüssigkeit ist das allerdings nicht der Fall; wenn die Salzmolecule zu dem Wasser übergetreten sind, so bildet die schwerere Flüssigkeit die untere Schicht. Da nun dieser Uebelstand nur auf *eine* Flüssigkeit sich beschränkt und zudem nicht von bedeutender Wirkung seyn kann, so habe ich, auch in der Absicht, um den Apparat nicht zu complicirt zu machen, meine ursprüngliche Idee wieder aufgegeben. Auch fragt es sich, ob nicht durch ein, nicht einmal starkes Umrühren der Flüssigkeiten die an die Membran befestigten Schieber abfallen müfsten, so dafs alsdann eine Bestimmung der Volumänderungen nicht möglich wäre.

Die erste Aufgabe des Experimentators bleibt immer, die Fehlergränzen seiner Experimentirmethode möglichst genau zu bestimmen und mit Rücksicht darauf die Fragen zu stellen, deren Beantwortung mittelst des eingeschlagenen Verfahrens zu hoffen ist. Die geschilderte Einrichtung mei-

nes Endosmometers zeigt wohl zur Genüge, dafs dasselbe alle Garantien bietet zur sicheren Untersuchung der bei unserem Phänomen zu lösenden Fragen; es bleibt nun aber noch ein zweites, wichtiges Moment zu untersuchen übrig, nämlich der *Einflufs der Membran* auf den Gang des Experiments. Hier stofsen wir auf manche Schwierigkeiten, die sich natürlich nicht voraussehen lassen, und die in der Natur jeder Membran selbst begründet sind.

Als ich die Versuche begann, war ich auf sehr grofse Ungleichheiten und Widersprüche gefafst, welche die Experimente bei verschiedenen, ja bei denselben Membranen zeigen müfsten. Die Erfahrung belehrte mich im Verlauf der Versuche, dafs solche Differenzen in den Resultaten der einzelnen Versuche allerdings vorhanden sind, doch nicht in so hohem Grade, dafs sie genaue, nach der quantitativen Methode durchzuführende Experimente unmöglich machen. Ueber diesen, für unseren Gegenstand sehr wichtigen Punkt werde ich mich weiter unten näher äufsern.

Die beiden Versuchsreihen, welche ich unternommen habe, sind zum Theil in der Absicht angestellt, um die Gröfse der Schwankungen darzuthun, welche die einzelnen Experimente im Vergleich zu einander zeigen; sie haben aber noch den ferneren Zweck, eine in erster Linie uns entgegentretende Frage zu beantworten, nämlich den Einflufs der Concentration der Lösung auf die Endosmose. Schritt für Schritt suche ich die übrigen Fragen, welche bei unseren Versuchen zu erörtern sind, und die sichere Anwendungen auf die Verhältnisse des Organismus gestatten, zu lösen, deren Ergebnisse in späteren Artikeln mitgetheilt werden sollen. Ich darf jedoch dem Leser nicht verschweigen, dafs sich die Schwierigkeiten der Untersuchung im Verlaufe der Arbeit eher vermehrt als vermindert haben, und dafs, obschon ich bestimmte und nicht unerhebliche Resultate für die Physiologie vom Standpunkt der Endosmose aus bereits erhalten habe, die erst nach den physikalischen Untersuchungen, die hier die Grundlage des Ganzen bilden, mitgetheilt werden können, von dem Hauptzwecke

meiner Versuche, nämlich die (physikalischen) Bedingungen der sogenannten Specifität der Ausscheidungen wo nicht vollständig zu erklären, aber doch einige Anhaltspunkte dafür zu finden, weiter entfernt zu seyn glaube als im Anfang meiner Arbeit.

Als Beispiel der Anwendung des vorstehenden Apparats mögen hier noch einige Resultate der vom Hrn. Verf. erwähnten Versuche eine Stelle finden. Sie hatten den Zweck, den Einfluſs der Concentration der Lösungen auf die Endosmose zu ermitteln, hauptsächlich um das von Dutrochet in sehr mangelhafter Weise nachgewiesene Gesetz fester zu begründen.

Die Versuche wurden mit Zuckerlösung und mit Kochsalzlösung angestellt; hier theilen wir nur die ersteren mit, und zwar die Mittelwerthe aus 37 Versuchen, von denen die mit den höchst concentrirten Zuckerlösungen ausgeschlossen sind, weil sie zu widersprechende Resultate gaben.

Zahl d. Versuche.	Specifisches Gewicht der Zuckerlösung	Zuckermenge in Grammen in 100 Kubikc. der Zuckerlösung [1])	Volumabnahme des destillirten Wassers	Volumzunahme des Zuckerwassers	Zum destillirten Wasser übergegangene Zuckermenge in Grammen.
	zu Anfang des Versuchs.		in Kubikcentimetern.		
2	103,64	6,225	—1,37	+1,57	0,511
3	104,77	9,080	—2,21	+2,15	0,870
1	105,64	11,286	—1,96	+2,33	0,625
14	106,41	13,169	—2,39	+2,61	0,639
1	108,21	17,616	—3,28	+3,62	0,847
2	110,48	23,311	—4,28	+4,72	1,282
4	111,68	26,343	—4,47	+4,84	1,182
1	113,24	30,303	—6,37	+7,00	1,104
6	115,61	36,264	—5,61	+6,04	1,056
3	116,69	39,211	—7,21	+7,82	1,174

1) Meine Versuche gaben mir Abweichungen von der von Payen, so wie von einer in Schubarth's technischer Chemie mitgetheilen Tabelle über den Zuckergehalt von Zuckerwasser von verschiedenem specifischen Gewicht. Payen hat übrigens seine Versuche mit Brunnenwasser angestellt; seine Resultate widersprechen ziemlich stark der Tabelle, welche Schubarth mittheilt, und die von Niemann herrührt. Jeder, der Endosmosenversuche anstellt, muſs sich die Daten über den Gehalt der Lösungen an festen Körpern durch vorhergehende eigene Versuche selbst verschaffen. (*V.*)

Hieraus geht deutlich hervor, dafs die Stärke der Endosmose, wenn wir darunter die Volumabnahme des Wassers oder die Volumzunahme der Lösung verstehen, bei Lösungen desselben Körpers proportional sich verhält der Menge des gelösten Körpers, die in einem bestimmten Volum der Lösung enthalten ist, so dafs bei doppelter, dreifacher u. s. w. Zuckermenge auch ein, zwei oder drei Mal so starke Volumveränderung der Flüssigkeit bemerkt wird.

V. *Ueber die Zerlegung und Zerstreuung des Lichts innerhalb starrer und flüssiger Körper; von Sir David Brewster.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh, Vol. XVI, pt. II.*)

Die beiden Farben, welche an verschiedenen Varietäten des Flufsspaths sichtbar sind, wurden schon von Haüy [1]) und anderen Mineralogen beobachtet. Er betrachtete die beiden Farben als complementar, und erklärte sie, wie alle anderen analogen Erscheinungen, durch die Farben dünner Blättchen. Bei Beschreibung einer von Prout [2]) am purpursauren Ammoniak und purpursauren Kali beobachteten Species von Dichroismus, wird von Sir John Herschel das grüne reflectirte Licht hergeleitet: »von einer eigenthümlichen Beschaffenheit (*conformation*) der grünen Oberflächen, welche eine — man könnte sie am besten nennen — *oberflächliche Farbe* erzeugen, oder eine analoge wie die der Farben dünner Blättchen und gestreiften oder getüpfelten Oberflächen [3])«. Und er setzt hinzu: »Ein merkwürdiges Beispiel von solcher oberflächlichen Farbe, die von

1) *Traité de Mineralogie, T.* 1, *p.* 512, 521.

2) *Philosoph. Transact.*, 1818, *p.* 424.

3) *Treatise on Light, Art.* 1076.

der durchgelassenen verschieden ist, trifft man beim grünen Feldspath von Alston Moor an, welcher auf seinen natürlichen oder künstlichen Flächen in gewissem Lichte eine *tief blaue* Farbe zeigt, die durch kein Poliren fortgeschafft werden kann.«

Da ich vor vielen Jahren dieselbe Eigenschaft an den Flufsspäthen aus Derbyshire aufgefunden hatte, so wurde ich veranlafst, sie mit besonderer Sorgfalt zu studiren, und i. J. 1838 theilte ich die Resultate meiner Beobachtungen der brittischen Naturforscherversammlung zu New-Castle mit [1]). An jedem Exemplar, an welchem die fragliche Farbe vorkam, fand ich sie aus *innerer* und nicht aus *oberflächlicher* Reflexion entsprungen. Bei einer ausgedehnten Reihe von Versuchen über die Absorption des Lichts durch wäfsrige und alkoholische Lösungen von pflänzlichen Farbstoffen fand ich diese Eigenschaft einer inneren Dispersion an dreifsig bis vierzig dieser Lösungen. Die merkwürdigste derselben war die alkoholische Lösung des Farbstoffs der Blätter des gewöhnlichen Lorbeers. Anfangs ist ihre Lösung ein helles Grün, welches später in eine schöne Olivenfarbe übergeht; allein in allen ihren Stufen zerstreut sie eine *glänzende blutrothe* Farbe, welche einen auffallenden Contrast mit der durchgelassenen bildet. Nachdem sie lange dem Lichte ausgesetzt worden, verschwindet die durchgelassene Farbe fast gänzlich, während das zerstreute Licht seine rothe Farbe behält [2]). Ein anderes merkwürdiges

1) *Report on the Eighth Meeting and Trans of Sections, p.* 10, 12.

2) Ich zeigte diesen Versuch im Jahr 1836, zu Lacock Abbey, Hrn. Fox Talbot und mehren Mitgliedern der brittischen Versammlung. Auf der Versammlung in Manchester, 1842, übergab mir ein Freund in einer Sections-Sitzung „eine ätherische Lösung von Strammonium", welche ein *hellgrünes Licht* zerstreute. Ich beschrieb die Erscheinung, und meine Notiz findet sich in den *Transact. of the Sections, p.* 14. Als ich mir selbst die Lösung machte, konnte ich nicht dieselbe Farbe erhalten, weder von den Stielen noch von trocknen Blättern der Pflanze. Die Lösung der Blätter zerstreute eine glänzend rothe Farbe, wie die im Text erwähnte. Die mir eingehändigte Lösung mufs also aus Strammoniumsamen oder aus einer anderen Substanz mit starker innerlicher Dispersion dargestellt worden seyn.

Beispiel von innerer Dispersion, auf welches mich Herr Schunck aufmerksam machte, zeigt sich an einer alkalischen oder alkoholischen Lösung des harzigen Pulvers, welches aus dem Orcin durch Berührung mit dem Sauerstoff der Luft entsteht. Das von ihr durchgelassene Licht hat eine röthlichbraune Farbe, und das von ihr zerstreute ist reich grün.

Seit Anstellung dieser Versuche wurde meine Aufmerksamkeit auf zwei interessante Aufsätze von Sir John Herschel im letzten Theile der *Philosophical Transactions* gelenkt. Der eine betrifft *einen Fall von oberflächlicher Farbe bei einer homogenen, innerlich farblosen Flüssigkeit*, und der andere handelt *von der epipolischen* (oder *oberflächlichen*) *Dispersion des Lichts*. Da diese Aufsätze Resultate enthalten, die mit den früher von mir veröffentlichten unvereinbar sind, so hielt ich es für nöthig die Untersuchung des Gegenstandes wieder aufzunehmen.

Die beiden eben erwähnten Aufsätze beschäftigen sich vornehmlich mit den Erscheinungen der Farbenzerstreuung bei einer verdünnten Lösung des *schwefelsauren Chinins* in schwacher Schwefelsäure. Da diese Lösung im durchgelassenen Licht fast farblos ist, so ist die allgemeine Erscheinung sehr schön. Die hellblaue Lichtlinie, welche von der unmittelbar unter der Oberfläche des Einfalls liegenden Schicht bis zu einer Dicke von 0,02 Zoll dispergirt wird, *scheint* auf diese Schicht begränzt zu seyn, und nur in dieser Rücksicht weicht die Erscheinung von der beim Flufsspath und bei den erwähnten pflänzlichen Lösungen ab.

I. Von der inneren Dispersion des Flufsspaths.

Es giebt viele Varietäten des Flufsspaths, bei denen keine Dispersion des eingedrungenen Lichtes stattfindet. Sie findet sich nicht in den *gelben*, *rothen* und *hellblauen* Varietäten, welche ich untersucht habe. Hauptsächlich kommt sie in dem *grünen* Flufsspath von Alston Moor vor, und dann in mehren *nelkenrothen* (*pink*) und *bläulich gelben* Varietäten aus Derbyshire. Um das Dispersionsphänomen recht

deutlich zu sehen, lasse ich ein verdichtetes Bündel Sonnenlicht durch den Körper gehen, während er theilweise mit schwarzem Wachs oder schwarzem Sammet bedeckt ist. Bei einigen Exemplaren wird das eingedrungene Bündel von jedem Theil der Masse, welchen es durchdringt, zu einer schön blauen Farbe zerstreut; allein bei anderen Exemplaren, die parallel den Würfelflächen aus Schichten von verschiedener Farbe bestehen, entfaltet sich ein ganz anderes und sehr lehrreiches Phänomen. Der eingelassene Strahl *ABC*, Fig. 8, Taf. I, ist durchkreuzt von Streifen eines dispergirten, an Farbe und Intensität verschiedenen Lichts [1]). In einem Fall ward von der Schicht dicht an der Einfallsfläche ein *nelkenrothes* Licht zerstreut; in der nächstfolgenden Schicht fand durchaus *keine Dispersion* statt, und nun kam eine Schicht, welche ein *hell weifsliches Licht* zerstreute. Darauf folgten eine Schicht von nicht zerstreuendem Flufsspath und abwechselnd zerstreuende und nicht zerstreuende Schichten, die das schon erwähnte schön blaue Licht verbreiteten.

Diese Resultate, welche ich mehren Personen gezeigt habe, sind unvereinbar mit denen, welche Sir John Herschel bei derselben Flufsspath-Varietät erhalten hat. Er hält das blaue zerstreute Licht für eine *streng epipolische* oder *oberflächliche* Farbe, für eine so oberflächliche, »dafs sie von einem eigenthümlichen Gefüge der Oberfläche, von einem Resultat der Krystallisation abgeleitet werden könnte, wenn sie nicht auch auf einer künstlich geschnittenen und polirten Oberfläche zum Vorschein käme« [2]). Dürfte ich eine Muthmafsung aussprechen hinsichtlich der Ursache der Verschiedenheit unserer Resultate, so würde ich sie dem verschiedenen Grade von Licht zuschreiben, bei welchem wir unsere Beobachtungen machten. Während ich ein ver-

1) Im Original ist diese Figur colorirt. Wir haben hier die Farben durch Schattirungen und Buchstaben wiedergegeben; es bezeichnet α einen *braunen* Farbenton, β *dunkelblau*, γ *rosenroth*, δ *weifs* und ε *hellblau*. P.

2) *Philosoph. Transact.*, 1845, *I*, *p*. 143.

dichtetes Bündel Sonnenlicht anwandte, scheint Sir John Herschel vornehmlich das gewöhnliche Tageslicht gebraucht zu haben. Beim Studium der Erscheinungen an der Chininlösung »unterwarf er sie starkem Tageslicht oder Sonnenschein«, und bei einem anderen Versuch, der vorzüglich eine kraftvolle Beleuchtung erforderte, »richtete er, durch totale Reflexion von der Basis eines Prismas, einen Sonnenstrahl auf die Oberfläche herab,« der in der That schwächer war als gewöhnliches Sonnenlicht. Beim Flufsspath giebt er jedoch an, dafs die epipolische Farbe in Vollkommenheit gesehen werde, »wenn er an einem Fenster dem Tageslicht ausgesetzt sey«. Bei einem so schwachen Lichte habe ich die von mir beschriebenen Erscheinungen nicht sehen können; hauptsächlich wegen der Stärke des von mir angewandten Lichts bin ich im Stande gewesen es aufser allen Zweifel zu setzen, dafs das vom Flufsspath zerstreute blaue Licht aus jedem Theil seines Inneren reflectirt wird, und nicht aus einer streng oder theilweise oberflächlichen Wirkung oder einer der Oberfläche nahen Schicht entspringt.

Sir John Herschel erwähnt, der grüne Flufsspath von Alston Moor sey der einzige starre Körper, an welchem er eine epipolische Farbe bemerkt habe. Es ist das einzige Mineral, bei welchem ich eine innere Dispersion gefunden habe, ausgenommen natürlich die Minerale, welche die analogen Phänomene der Opalescenz und des Schillerns (*Chatoyance*) zeigen. Allein ich habe sie bei mehren Gläsern gefunden, die ich besitze; eins besonders von *gelber* Farbe zerstreut ein *glänzend grünes* Licht, ein anderes von *hell nelkenrother* Farbe zerstreut ebenfalls ein *grünes* Licht, und ein drittes von *Orangenfarbe* zerstreut ein *weifslich grünes* Licht. In diesen Fällen besitzt das Glas eine entschiedene Farbe an sich; allein ich habe auch manche Stücke von farblosem Tafelglase und farblosem Flintglase gefunden, die ein schön *grünes* Licht zerstreuen.

2) Von der inneren Dispersion der Lösung des schwefelsauren Chinins.

Sir John Herschel beschreibt die epipolische Dispersion dieser Lösung »als einnehmend ein sehr schmales Parallelogram von etwa 0,02 Zoll Breite, von lebhafter und fast gleichförmiger blauer Farbe in seiner ganzen Breite« [1]); allein als, mittelst totaler Reflexion von der Basis eines Prisma, ein Bündel Sonnenlicht auf die Oberfläche herabgeleitet ward, beobachtete er, dafs ein schwach blauer Schimmer (*gleam*) sich unterwärts dieser lebhaften Linie bis zu fast einem halben Zoll von der Oberfläche ausbreitete,« es zweifelhaft lassend, ob nicht im Innern des Mediums in merklichen Tiefen eine geringe Dispersion stattfinde. Bei Anwendung von verdichtetem Sonnenlicht wird dieser Zweifel sogleich gehoben, und die Erscheinung ergiebt sich als eine innere Dispersion, die nur in dem Gesetz ihrer Intensität von den schon beschriebenen abweicht. In dem einen werden die zerstreuteren Strahlen *allmälig*, in dem andern *schnell* aus dem hineingelassenen Strahl geworfen, — ein Phänomen, grofsentheils identisch mit dem, welches bei analogen Absorptions-Erscheinungen stattfindet.

Wenn die zerstreuende Wirkung der Lösung strenge auf eine Schicht von 0,02 Zoll Dicke beschränkt wäre, würde nothwendig folgen, dafs »*ein epipolisirtes Lichtbündel* (damit ein Bündel meinend, das einmal durch eine Chininlösung gegangen ist, und deren zerstreuende Wirkung erlitten hat) *unfähig sey eine fernere epipolisehe Dispersion zu erleiden*«. Sir John Herschel hat in der That diefs Resultat aus directem Versuch mit einer senkrecht in Chininlösung gestellten Glasplatte abgeleitet. Er konnte hierbei

1) Die beste Weise, diesen Versuch zu sehen, besteht darin, die Lösung an offne Luft zu bringen, wo das gesammte Licht des blauen Himmels auf ihre Oberfläche fallen kann. Auf diese Weise habe ich die blaue Linie vollkommen hell bei einer December-Dämmerung gesehen, bei der man nicht mehr lesen konnte. Ich halte daher das Licht des Himmels als besonders zu dieser Art von Dispersion geeignet.

bei keine Spur von Farbe wahrnehmen, weder beim Eintritt, noch beim Austritt des auf die Platte gefallenen epipolisirten Bündels. Sir John giebt die Entfernung der Platte von der epipolisirenden Schicht nicht an. War die Entfernung klein, so wären wir nach directen Versuchen überzeugt, dafs die blaue Farbe gesehen seyn würde; war aber die Entfernung beträchtlich, so müfste das auf das Glas fallende Bündel zuvor alle seine zerstreubaren Strahlen abgestreift haben.

Das verhältnifsmäfsig schwache Licht der zerstreuten blauen Strahlen macht es schwierig zu ermitteln, ob sie einer zweiten Zerstreuung fähig seyen. Sir John Herschel konnte keine Anzeige von dieser Fähigkeit erhalten. Allein wir zweifeln nicht, dafs man, mit verdichtetem Sonnenlicht, ihre zweite Dispersion entdecken werde; und zu dieser Meinung werden wir durch die Thatsache veranlafst, dafs Sir John glaubte, die epipolische Dispersion finde in allen Richtungen statt, und dafs er demgemäfs eine zweite Dispersion unter Umständen zu entdecken hoffte, unter welchen sie, meinen Untersuchungen zufolge, nicht gefunden werden kann.

Sir John hat deutlich gezeigt, dafs das Licht sowohl aus- als seitwärts zerstreut wird; allein da er nur mit den Erscheinungen einer schmalen blauen Linie bekannt war, und nicht den vom verdichteten Lichtkegel zerstreuten blauen Lichtkegel gesehen hatte, so konnte er nicht die Veränderungen bemerken, die in dessen Farbe eintreten, wenn das Auge vom Azimut 80° zu dem von 100° übergeht.

Diese Veränderungen sind sehr entschieden, und werden aus Fig. 9, Taf. I, verständlich werden; darin ist *MNOP* ein verticaler (*horizontal*) Durchschnitt des die Lösung enthaltenden Gefäfses, *RR'* ein Bündel Sonnenlicht, so auf die achromatische Linse *LL* fällt, und zu dem Lichtkegel *ACB* verdichtet wird [1]). Die durch die erste Schicht, zunächst der Seite *AB*, erzeugte blaue Farbe ist ungemein

1) Der Kegel *ABC* ist im Original *hellblau*. P.

stark, während die, welche den Rest des Kegels *ACB* einnimmt, verhältnifsmäfsig schwach ist. Betrachtet man die hellblaue Schicht in der Richtung *NM* oder in dem Azimut 90°, so ist die Farbe sehr lebhaft, weil das Auge alle durch die ganze Länge *AB* der Schicht zerstreuten blauen Strahlen empfängt, wogegen man, in der Richtung *R'C*, in dem Azimut 0° gesehen, nur die der Dicke der Schicht entsprechende Farbe erblickt. In der That ist jedoch die Farbe im Azimut 0° ein Maximum, und nimmt allmälig ab, bis sie im Azimut 180°, oder in der Richtung *CR'* verschwindet.

Taucht man nun in die Flüssigkeit eine farblose Glasplatte *DE*, um das Bündel *ABED* aufzufangen, so findet sich keine besondere Dispersion, weder an ihrer Ein- noch Austrittsfläche, wie Sir John beobachtete. Daraus schlofs er, das epipolisirte Bündel *ABED* »sey unfähig eine fernere epipolische Dispersion zu erleiden, und da es eine ursprünglich inne gehabte Eigenschaft verloren habe, könne es also nicht mehr als *qualitativ* dasselbe Licht betrachtet werden.«

Gebraucht man nun, wie wir gethan, ein verdichtetes Lichtbündel, so findet man, dafs der ganze Kegel *ABC*, selbst wenn er *zwei Zoll* lang und mit der Decembersonne gebildet ist, ein blaues Licht zerstreut, und zwar die Schicht hinter der Glasplatte *DE* eben so viel als die vor derselben. Im Flufsspath und den übrigen Flüssigkeiten, deren ich erwähnte, zeigt sich diefs noch auffallender [1]), und

1) Bei einem dieser Versuche, bei welchem ein Stück grünen Flufsspaths von Alston Moor in die Chininlösung getaucht worden, zerstreute dasselbe ein *violettblaues* Licht bis zum Abstande von *drei Viertelzoll* von der Oberfläche. Bei einem anderen Versuch erlitt ein Lichtbündel, das in der Chininlösung zerstreut worden war, bei *zwei Zoll* Abstand von der Oberfläche eine abermalige Zerstreuung durch ein Stück Flufsspath von Derbyshire.

Ein Lichtbündel, welches durch Aesculin-Lösung gegangen war, zerstreute blaues Licht, doch nicht reichlich, als es durch Chininlösung ging; aber das durch Chininlösung gegangene Lichtbündel wurde reichlich zerstreut, wenn es durch Asculinlösung ging.

folglich ist keiner der von Sir John Herschel gezogenen Schlüsse zulässig.

Nachstehendes scheinen mir die Folgerungen zu seyn, zu welchen die Versuche wirklich berechtigen:

1) Ein Lichtbündel, welches durch Wirkung eines starren oder flüssigen Körpers eine Zerstreuung erlitten hat (d. h. ein *epipolisirtes* Bündel), vermag eine fernere epipolische Zerstreuung zu erleiden, sobald das Medium nicht eine so grofse Dicke besitzt, dafs es alle zerstreubaren Strahlen zertreut hat.

2) Wenn ein solches Medium hiedurch unfähig gemacht ist, mehr Licht zu zerstreuen, so ist es nicht geschehen wegen Verlustes seiner ursprünglichen Eigenschaft, sondern weil es aller zerstreubaren Strahlen, die es enthielt, beraubt worden ist.

Es ist ohne Zweifel eine interessante Thatsache, dafs eine geringe Anzahl verschiedenartiger Farbenstrahlen, die durch ihre Vermischung blaues Licht bilden, diese Eigenschaft der Zerstreubarkeit besitzen, während andere Strahlen von derselben Brechbarkeit durch dasselbe Medium entweder weniger oder scheinbar gar nicht zerstreut werden. Allein die Thatsache wird weniger überraschend und anomal erscheinen, wenn wir auf gewisse Absorptionserscheinungen blicken, in welchen dieselbe Eigenschaft hervortritt.

Der Unterschied zwischen *Absorption* und *innerer Dispersion* ist einfach dieser: Bei der ersteren wird eine Portion vom Licht des eingedrungenen Bündels *ausgelöscht* und *unsichtbar*, bei der letzteren dagegen *zerstreut* und *sichtbar*. Die beiden Klassen lassen sich vergleichen, wenn man *annimmt*, dafs das durch Absorption ausgelöschte Licht gleichsam durch Dispersion sichtbar gemacht wird. Nun ist es eine merkwürdige Thatsache, dafs das *natürliche Operment* alles blaue Licht, welches von ihm absorbirt wird, beim Durchgang durch die erste Schicht, deren Dicke noch nicht 0,02 Zoll beträgt, auslöscht, und diefs macht, dafs die dünnste Schicht dieses Minerals eine eben so tief gelbe Farbe besitzt als die dickste. Würden die absorbirten

blauen Strahlen durch Zerstreuung sichtbar werden, so würden wir hier ein auffallenderes Beispiel von Epipolismus oder einer auf die erste Schicht beschränkten Dispersion sehen, als bei der Chininlösung. Selbst die Verdichtung des Bündels würde uns in diesem Fall keinen blauen Lichtkegel geben.

Die Zerlegung der blauen Linie würde in der That einen Unterschied zwischen den beiden Erscheinungen nachweisen. Sie würde zeigen, dafs das blaue Licht hauptsächlich aus den *violetten*, *indigfarbenen* und *blauen* Räumen entspringt, und nur zum Theil aus den *grünen*, *gelben*, *orangenfarbenen* und *rothen*, indem es sich aller brechbareren Strahlen und nur eines sehr kleinen Theils der weniger brechbaren bemächtigte; wogegen das blaue Licht der Chininlösung aus fast gleichen Verhältnissen aller farbigen Räume, bis auf den wenigst brechbaren, dem Roth, hervorgeht. Die Begränzung der absorptionsfähigen Strahlen, wie die Begränzung der zerstreubaren Strahlen in der Chininlösung, zeigt sich bei der Wirkung verschiedener Körper auf das Spectrum. Solche Körper verändern die Farbe gewisser Räume im Spectrum, ohne fortzufahren die rückständigen Strahlen zu absorbiren, d. h. wenn die absorbirbaren Strahlen durch eine gewisse Dicke des Körpers entfernt worden sind, wirkt eine hinzugesetzte Dicke, wie bei der Chininlösung, nur sehr schwach verändernd auf die Farbe des rückständigen Bündels.

Ich habe diese Analogien zwischen den Erscheinungen der Absorption und Dispersion hervorgehoben, um dem Fall einer hellen blauen Linie in der Chininlösung zu begegnen. Die schon beschriebene Dispersion in Flufsspath, Gläsern und pflänzlichen Lösungen ist von anderem Charakter. Im Flufsspath ist die von der ersten Schicht bewirkte Dispersion keineswegs sehr reichlich, und der eingedrungene Strahl wird, selbst nachdem er durch eine oder mehre nicht zerstreuende Schichten gegangen is nahe eben so reichlich zerstreut wie zuvor. Bei den Gläsern und pflänzlichen Lösungen finden sich keine Eigenthümlichkeiten, wel-

che einer Erläuterung bedürfen, ausgenommen die, welche aus der Absorption des zerstreuten Bündels beim Durchgang durch das farbige Medium entspringen.

Bei den Erscheinungen der inneren Dispersion in farbigen Flüssigkeiten und Solidis ist der Einfluſs der Absorption auf das zerstreute Licht sehr interessant. Vor seiner Zerstreuung hat das Licht dieselbe Farbe wie das durchgelassene, wenn es an diesem Punkte seiner Bahn austreten kann; und wenn es bei einem Azimut über 90° beobachtet wird, hat eine Portion des zerstreuten Lichts diese Farbe. Die Lichtmenge, welche diese Farbe besitzt, wächst zwischen den Azimuten 90° und 180°. Um diese Wirkung befreit von anderweitigen Einflüssen zu sehen, muſs man den hineingelassenen Strahl parallel der Oberfläche des flüssigen oder festen Körpers legen, so daſs er sie streift. Auf diese Weise wird das zerstreute Licht nicht verändert auf seinem Wege zu dem Auge nach der Zerstreuung. Wenn das Lichtbündel ohne diese Vorsicht durch das farbige Medium geleitet wird, erleidet es abermals eine Absorption proportional zu der von ihm durchlaufenen Dicke der farbigen Substanz, und bisweilen verschwindet er gänzlich. Diese Wirkung sieht man schön bei dunkleren Lösungen, welche ein lebhaftes *Roth* oder lebhaftes *Grün* zerstreuen; das erstere wird *gelblichgrün* und *weiſslich*, während das letztere *weiſslichgelb* wird.

3) Ueber die Polarisation des zerstreuten Lichts.

Da das zerstreute Licht durch Reflexion aus seiner Bahn abgelenkt wird, so läſst sich voraussehen, daſs es, unter geeigneten Winkeln reflectirt, eine wenigstens partielle Polarisation erleiden werde. Sir John Herschel betrachtete es durch einen Turmalin und giebt an, daſs keine Zeichen von Polarisation daran wahrgenommen würden. Allein seine Methode, nach der die blaue Linie aus dem von einer groſsen Fläche des Himmels divergirenden, und deshalb unter verschiedenen, weit über und unter dem Polarisationswinkel liegenden Winkel reflectirten Lichte erhal-

ten wird, ist unanwendbar, um den Zustand der Polarisation zu entdecken. Die von mir befolgte Methode, bei welcher ein schmales cylindrisches Bündel von starkem Licht angewandt, und ein helles zerstreutes Lichtbündel von mehr als einem Zoll in Länge erhalten wird, läfst dagegen die Polarisation desselben auffinden, und deren Eigenthümlichkeiten untersuchen.

Bei Untersuchung des blauen Bündels in Chininlösung mit einem zerlegenden Kalkspathrhomboëder fand ich, dafs ein beträchtlicher Theil desselben, hauptsächlich aus seinen weniger brechbaren Strahlen bestehend, in der Reflexionsebene polarisirt war, während die brechbareren Strahlen, die ein intensiv blaues Bündel bildeten, einen anderen Polarisationszustand besafsen.

Diese Isolation der blaueren Strahlen erhöhte sehr die Schönheit der Erscheinung, und versprach einiges Licht auf deren Ursache zu werfen. Ich war daher begierig den Polarisationszustand derselben zu ermitteln, welcher nicht durch das zerlegende Rhomboëder angezeigt ward. Zu dem Ende liefs ich ein starkes polarisirtes Lichtbündel durch die Lösung gehen; zu meiner Ueberraschung fand ich, dafs das blaue Bündel, welches es durch Zerstreuung lieferte, bei jeder Stellung des zerlegenden Prismas dieselbe Intensität behielt, und deshalb eine *allseitige* Polarisation (*a quaquaversus polarisation*) besafs, eine solche, wie das Licht empfängt, wenn es durch eine Reihe kleiner doppeltbrechender Krystalle geht, deren Axen alle möglichen Richtungen haben.

Bei Anstellung desselben Versuches mit anderen zerstreuenden Flüssigkeiten und starren Körpern fand ich einige, in welchen das ganze Bündel vollständig in der Reflexionsebene polarisirt war, und andere, in welchen es nur eine *allseitige* Polarisation zeigte. Allein da diese Versuche auf neue und einer weiteren Prüfung bedürftige Processe in der Zerlegung und Polarisation des Lichtes hindeuteten, so werde ich den Gegenstand in einer besonderen Mittheilung wieder aufnehmen, und mich für jetzt dar-

auf beschränken, die wichtigeren Thatsachen nebst ihren Resultaten im Allgemeinen anzugeben.

Bei Durchleitung eines verdichteten Lichtbündels durch eine alkoholische Lösung von Lorbeerblättern, von grünem und schwarzem Thee, fand ich, dafs das *hellrothe* Bündel, welches sie zerstreuten, gleich dem *blauen* der Chininlösung, eine *allseitige* Polarisation besafs; nur ein kleiner Theil des Lichts war in der Reflexionsebene polarisirt. Das zerstreute *grüne* Bündel des *Orcins*-Präparats besitzt dieselben Eigenschaften, indem der weifse Theil desselben bei Drehung des zerlegenden Rhomboëders verschwindet und wieder erscheint. Bei der wäfsrigen Lösung des *Aesculins* [1]) besteht das zerstreute Bündel aus zwei schön contrastirenden Theilen, einem *weifslichen* und in der Reflexionsebene polarisirten, und einem *sehr dunkelblauen*, der eine allseitige Polarisation besitzt. Der weifse Theil ist intensiver als der blaue, gerade umgekehrt von dem, was sich bei der Chininlösung zeigt. Der alkoholische Auszug des Samens von *Colchicum autumnale* giebt ein helles und reichliches *grünes* Bündel von zerstreutem Licht, bestehend aus zwei Theilen, einem weifslichen und in der Reflexionsebene polarisirten, und einem hellgrünen mit allseitiger Polarisation. Dieselbe Eigenschaft besitzt eine alkoholische Guajaclösung, welche hauptsächlich durch die der Oberfläche nahe liegende Schicht ein schönes *violettes* Licht zerstreut; eben so eine alkoholische Lösung von *schwefelsaurem Strychnin*, welche, *nachdem sie einige Tage gestanden hat*, ein grünes Licht zerstreut. Dieselbe Eigenschaft findet sich auch bei fast allen Oelen, von welchen einige ein ungemein schönes, von blassem Grün bis zum Blauen gehendes Licht zerstreuen.

Die Polarisation des zerstreuten Bündels in einer Ebene, namentlich in der Reflexionsebene, zeigt sich bei mehren flüssigen und starren Körpern. Sie ist sehr hervortretend bei Ochsengalle, welche ein olivengrünes Licht zerstreut, bei

1) Bei der alkoholischen *Aesculin*-Lösung nähert sich das *schwache Blau* dem *Violett*. Die Polarisation ist wie die beim Chinin.

einer alkoholischen, mit Wasser verdünnten Lösung von Myrrhae, welche ein hellweifses Bündel zerstreut, und bei einem orangefarbenen Glase, welche ein blafsgrünliches Bündel zerstreut.

Bei vielen Lösungen ist das Bündel mit der *allseitigen* Polarisation sehr intensiv, im Vergleich zu dem schwachen Bündel, welches in der Reflexionsebene polarisirt ist; allein bei einem Stücke *böhmischen Glases*, welches durch Zerstreuung ein reichliches und glänzend *grünes* Bündel giebt, besitzt das gesammte Bündel eine *allseitige* Polarisation.

Betrachtet man das zerstreute Bündel in verschiedenen Azimuten, so zeigen sich einige sehr interessante Erscheinungen. Im Allgemeinen erleidet die Farbe des zerstreuten Lichts eine beträchtliche Veränderung, indem es zwischen den Azimuten 90° und 180° von der Farbe des zerstreuten Bündels zu der des durchgelassenen übergeht. Diefs zeigt sich sehr schön bei dem alkoholischen Thee-Auszug, wo das lebhaft *rothe* Licht in ein *olivenfarbenes* übergeht. Allein noch merkwürdiger verhält es sich bei einem Gemenge von *Berlinerblau* und Wasser; das zerstreute Bündel ist in der Reflexionsebene polarisirt. Es ist *bläulich* im Azimut 90°, *nelkenfarbig* nahe beim Azimut 100°, *grünlich* bei dem von 120°, *bläulich* bei 150°, und wieder *nelkenfarbig* im Azimut 170°. Die drei letzten Farben lassen sich alle gleichzeitig sehen.

Diefs sind im Allgemeinen die Phänomene der inneren Dispersion, die auf die Constitution der starren und flüssigen Körper, welche sie hervorbringen, einiges Licht zu werfen versprechen. Die *scheinbar oberflächliche Dispersion* bei der Chininlösung, welcher Sir John Herschel den Namen *Epipolismus* beigelegt hat, ist offenbar ein einzelner Fall der allgemeinen Erscheinung, bei welcher die Ordinaten der Dispersionscurve rasch abnehmen, nachdem das Licht in die zunächst der Oberfläche liegende Schicht eingedrungen ist, während der *wahre Epipolismus*, welchen er dem Flufsspath zuschreibt, so weit davon ist eine Wir-

kung der Oberfläche zu seyn, dafs er es weniger ist als der der Chininlösung; er ähnelt im Charakter ganz dem, welcher von den von mir untersuchten flüssigen und starren Körpern hervorgebracht wird.

Die Erscheinung der inneren Dispersion, auch nur als einen Fall von Reflexion und Polarisation betrachtet, hat viel Neues und Interessantes. Wenn das erregende Bündel, wie wir es nennen können, cylindrisch ist, so haben wir einen Versuch vor uns, bei welchem die Erscheinung von *cylindrischer Reflexion* und *cylindrischer Polarisation* sich zugleich zeigen. Die unzählbaren reflectirenden Flächen, welche das eingedrungene Licht unter allen möglichen Winkeln auffangen, reflectiren es in allen möglichen Richtungen, so dafs das Auge, wo es sich auch befinden möge, das Bündel gleichsam selbst-leuchtend sieht; und wenn das Auge sich um das cylindrische Bündel im Kreise dreht, empfängt es ein polarisirtes Lichtbündel, welches in einer durch das Auge des Beobachters und die Axe des Cylinders gehenden Ebene polarisirt ist; oder was dasselbe ist, tausend Beobachter, die dieses Bündel in demselben Azimut, aber in verschiedentlich gegen den Horizont geneigten Richtungen betrachteten, würden alle genau dieselben Reflexions- und Polarisations-Erscheinungen sehen.

4) Ueber die Ursachen der inneren Zerlegung und Zerstreuung des Lichts.

Bei unvollkommen krystallisirten Mineralien, z. B. besonderen Exemplaren von *Adular*, *Chrysoberyll*, *Opal* und *Sapphir*, entspringt, wie gezeigt worden ist, die weifse und farbige Opalescenz und die sternförmigen Radiation aus kleinen Höhlungen, oder offenen Räumen mit krystallisirten Wänden, oder aus engen Röhren oder linearen Räumen, die den Kanten der primitiven oder secundären Formen des Minerals parallel sind. Beim *Tabasheer*, wo die Höhlungen Luft enthalten, die sich nach Belieben austreiben und zurücksenden läfst, wird ein schönes blaues Licht zerstreut, das ohne Zweifel von der Gröfse der Höhlun-

gen abhängt. Bei einem sehr merkwürdigen Exemplar vom Kalkspath, voll von hemitropen Adern, beobachtete ich eine reichliche innere Dispersion, erzeugt durch Lichtreflexion an den verschiedenen Flächen, die, obwohl im optischen Contact, doch verschiedene Grade von aufserordentlicher Brechung besitzen.

Alle diese Erscheinungen sind jedoch wesentlich verschieden von denen, die Gegenstand dieses Aufsatzes ausmachen, mit Ausnahme der beim Flufsspath, in sofern wenigstens sie das Resultat einer unvollkommenen Krystallisation sind.

Der *Epipolismus*, den Sir John Herschel diesem Minerale zuschreibt, oder die *innere Dispersion*, die es nach meinen Versuchen zeigt, gehört nicht der Species an, sondern nur besonderen Varietäten, und selbst nicht einmal der ganzen Varietät, sondern blofs gewissen Theilen derselben. Es ist daher das Resultat einer ungleichen oder unvollkommenen Krystallisation. Der Kern ist vollkommen, darauf kommt eine Schicht, die im durchgelassenen Licht eine andere Farbe hat und ein schön blaues Licht zerstreut, und so fort eine Reihe von Schichten, die verschiedentlich farbige Lichter zerstreuen, getrennt durch nicht-zerstreuende Räume. Es ist also ein fremdartiges, vom Zustande der Lösung abhängiges Element successive in den Krystall eingeführt worden, und hätte es ein gleiches Refractions- und Dispersionsvermögen wie der Flufsspath, so würde es keinen Theil des eingedrungenen Bündels reflectiren können. Allein wenn in der mittleren Refraction oder im Dispersionsvermögen ein Unterschied vorhanden ist, oder wenn der Unterschied blofs in der ungleichen Länge gewisser Stücke der beiden Spectra besteht, so wird in allen diesen Fällen Licht durch das fremdartige Element zerstreut werden. Bringen wir z. B. eine Schicht Cassiaöl zwischen zwei Flintglasprismen, so wird das von dieser Schicht reflectirte Licht *blau* seyn. Für gewisse *rothe* Strahlen ist der Refractionsindex derselbe im Glase und im Oel; und es treten also von diesen Strahlen keine in das reflectirte Bün-

del, welches deshalb *blau* seyn mufs, wie auch die Neigung der einfallenden Strahlen beschaffen seyn möge. Denken wir uns nun diese Oelschicht verfestet oder in unendlich kleinen Atomen durch das Flintglas verbreitet, oder als Flüssigkeit von gleicher Wirkung auf das Licht wie sie das Glas ausübt, so würden wir die Erscheinungen einer blauen Dispersion haben [1]).

Ein so erzeugtes blaues Lichtbündel müfste beim Polarisationswinkel vollständig und bei anderen Winkeln theilweis polarisirt werden; und wenn diefs nicht der Fall wäre, hätten wir nach einer diefs verhindernden Ursache zu suchen. Wir haben schon gesehen, dafs in dem gelben böhmischen Glase kein Licht durch Reflexion polarisirt wird, und dafs sich bei der Chininlösung nur ein Theil so polarisirt erweist; in dem einen Fall hat das gesammte Bündel, und in dem anderen der rückständige Theil eine *allseitige* Polarisation. Diese Wirkung kann nicht hervorgehen aus einer entgegengesetzten Polarisation durch die Refraction des zerstreuten Lichts an der Oberfläche der reflectirenden Theilchen, weil eine solche Wirkung nur den Betrag der durch Reflexion entstandenen Polarisation verringern würde. Ich habe durch directe Versuche gefunden, indem ich blaues Licht durch verschiedene Dicken der Flüssigkeit gehen liefs, dafs ein solcher Effect nicht hervorgebracht wird. Wollen wir also nicht voraussetzen, dafs diese *allseitige* Polarisation eine neue, durch eine besondere Wirkung gewisser starrer und flüssiger Körper erzeugte Eigenschaft des Lichts sey, so werden wir zu dem nicht weniger merkwürdigen Schlufs getrieben, dafs sie hervorgebracht werde durch eine Unzahl doppeltbrechender Krystalle, die ihre Axen doppelter Strahlenbrechung in allen möglichen Richtungen zu liegen haben, und deshalb von ihren hinteren

1) Bei dem Versuch mit dem *Berlinerblau*, welcher ein sehr glänzender ist, sind die Theilchen mechanisch im Wasser verbreitet; so dafs wir hier einen augenfälligen Beweis haben, dafs die Theilchen die Ursache der Dispersion und der allseitigen Polarisation sind.

Oberflächen ein Lichtbündel mit allseitiger Polarisation reflectiren.

St. Leonard's College, St. Andrews, 1846, Jan. 30.

VI. *Regenbogen auf dem Erdboden.*

Ich glaube, — schreibt Hr. E. Renou in den *Compt. rend. T. XXIV, p.* 980, — einige Worte über ein bisher wenig bemerktes Phänomen sagen zu müssen, weil die Umstände, die ihm erlauben, in seiner ganzen Stärke aufzutreten, sich nur selten darbieten. Bekanntlich überzieht die *Epeira diadema* (Gartenspinne) den Erdboden im Herbste mit zahllosen Fäden. Im verwichenen Jahre war in Folge günstiger atmosphärischer Umstände die Menge dieser Fäden aufserordentlich. Am 4. Nov., Morgens 8 Uhr, nach einem sehr reichlichen Thau und bei heiterem Himmel, malte die 7° 30′ über dem Horizont stehende Sonne auf dem Boden der Wiesen einen hyperbolischen Regenbogen fast eben so glänzend wie der Himmelsbogen, den er unten vervollständigte. Obgleich durch denselben Kegel erzeugt, bot er dem Auge überall ein ganz anderes Ansehen dar. Die Gewohnheit, Gegenstände an der Erdoberfläche in wahrer Gröfse zu sehen, verhinderte etwas anderes als eine Hyperbel zu sehen; überdiefs nahm der Bogen mit der Entfernung an Breite zu, weil er immer denselben Winkel bespannte.

Die Erscheinung zeigte sich mehre Tage lang in mehr oder weniger merkwürdiger Intensität [1]).

1) Vergl. Langberg, Annalen, Bd. 60, S. 154. *P.*

VII. *Experimental-Untersuchungen über die Wirkung der Magnete auf gasförmige und tropfbare Flüssigkeiten;*
von Prof. Plücker in Bonn [1]).

1) Für die gegenwärtige dritte Mittheilung wähle ich aus meinen, die Wirkung der Magnete betreffenden, Experimental-Untersuchungen zwei Klassen von Erscheinungen aus, von welchen sich die eine auf das magnetische oder diamagnetische Verhalten der *tropfbaren Flüssigkeiten*, die andere auf das Verhalten der *Gase* gegen den Magneten bezieht. Um das erstere zu beobachten, habe ich ein anderes Verfahren angewendet als Hr. Faraday; ich beobachte die Bewegungen der verschiedenen Flüssigkeiten über den genäherten Polen des Magneten und die dadurch hervorgebrachten Aenderungen der Form ihrer Oberfläche. Wenn, wie beim Blute, in der Flüssigkeit kleine Körperchen schwimmen, so können wir, um die fraglichen Bewegungen zu beobachten, mit Vortheil das Mikroskop zu Rathe ziehen. Ueberall habe ich hier die Faraday'schen Resultate bestätigt gefunden. Ein Anderes ist es aber mit dem Verhalten der gasförmigen Körper, wo meine Versuche mich zu Resultaten geführt haben, die der von dem genannten Physiker aufgestellten Behauptung, dafs Körper, sobald sie in den gasförmigen Aggregatzustand übergehen, gegen Magnetismus indifferent werden, geradezu widersprechen. Ich theile diese Versuche mit derjenigen Anspruchslosigkeit mit, die mir, diesem grofsen Experimentator gegenüber, geziemt.

1) „Ich beeile die Uebersendung dieser Abhandlung," — sagt der Hr. Verf. in dem begleitenden Schreiben an mich vom 22. Jan. — „weil merkwürdigerweise gerade im Moment, als ich das letzte Wort der Reinschrift des ersten Theils niederschrieb, mir berichtet wird, dafs Hr. Faraday so eben ähnliche Untersuchungen geliefert habe. Ich schicke die meinigen ab, ohne von denselben etwas zu wissen, und hoffe, dafs sie neben denselben noch einen Platz verdienen. —

2) Zu meinen Versuchen bediente ich mich des bereits in der zweiten Nummer meiner ersten Abhandlung [1]) beschriebenen Hufeisen-Elektromagneten, der, aufrecht stehend, mit seinen Polflächen nach oben gekehrt ist. Auf diese wurden, um die magnetische Spannung in verschiedener Weise durch Annäherung der Pole vergröfsern zu können, abgeschliffene Eisenstücke von verschiedener Form aufgelegt, die, paarweise zusammengestofsen, als Anker dienten. *Erstens* zwei parallelepipedische Halbanker (*A*), die schon in der 44. Nummer der angeführten Abhandlung erwähnt worden sind, 27^{mm} hoch, 67^{mm} breit und 198^{mm} lang. *Zweitens* zwei Halbanker (*B*) so hoch wie die vorigen, so breit wie die Polflächen der Magneten und 176^{mm} lang; an der einen Seite kreisförmig abgerundet, an der andern so verjüngt, dafs die Endflächen Kreise von 25^{mm} Durchmesser sind. Auf diese können Stücke von verchiedener Form, namentlich konische Spitzen, eingeschraubt werden. Diese beiden Halbanker ersetzen, auch für die, in den beiden vorigen Abhandlungen beschriebenen, Versuche, mit Vortheil die beiden durchbohrten cylindrischen Aufsätze mit den eingesteckten zugespitzten Cylindern. Auch bei der stärksten magnetischen Erregung und der gröfsten Annäherung der konischen Spitzen schlagen diese Halbanker nicht zusammen. *Drittens* zwei schwerere, zunächst für optische Zwecke bestimmte Halbanker (*C*), 40^{mm} hoch, 133^{mm} breit und 203^{mm} lang, an einem Ende kreisförmig abgerundet, am andern sich allmälig verjüngend und in eine rectanguläre Fläche von 40^{mm} und 59^{mm} Seite auslaufend. In der Mitte dieser beiden Halbanker ist, ihrer ganzen Länge nach, eine Rinne eingehobelt, die, 20^{mm} weit und eben so tief, einen Querschnitt hat, der unten halbkreisförmig ist. Die Halbanker (*A*) und (*C*) schlagen bei stärkerer Erregung und hinlänglicher Annäherung mit grofser Gewalt zusammen; sie werden durch dazwischen gebrachte Messingstücke von verschiedener Dicke von einander gehalten.

Auf dem verschiebbaren Tische mit den beiden runden

1) Poggendorff's Annalen; Bd. 72, S. 315.

Oeffnungen, durch welche die Schenkel des Magneten hindurchgehen, steht bei den Versuchen mit den frei aufsteigenden Gasen in der Regel, die Pole überdeckend, der viereckige Glaskasten der Torsionswage, welcher, nach Hinwegnehmung dieser letzteren, oben in der Mitte eine Oeffnung hatte, die ein Rechteck bildet, das nach der aequatorialen Richtung (der Breite des Kastens entsprechend) 254^{mm} lang und nach der axialen Richtung 92^{mm} breit ist.

Bei den in dem Nachstehenden beschriebenen Versuchen bediente ich mich fünf bis zehn Grove'scher Elemente, indem ich die gröfsere Anzahl in der Regel dann nur wählte, wenn die angewandte Salpetersäure bereits öfters gedient hatte.

§. 1.

Ueber den Diamagnetismus der Gase.

3) Hr. Faraday widmet die 2400 bis 2416. Nummer der 21. Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität [1]) dem Verhalten der Gase gegen den Magneten, und gelangt in der letzten Nummer zu dem folgenden Resultate.

»Was für chemische oder andere Eigenschaften die Gase auch haben mögen, wie verschieden im specifischen Gewicht und im Grade der Verdünnung sie auch seyn mögen, so sind sie doch alle in ihrem magnetischen Verhalten einander gleich und anscheinend einem vollkommenen Vacuum aequivalent. Körper, welche ausgezeichnet diamagnetisch sind, verlieren sogleich alle Spuren dieser Eigenschaft, so wie sie dampfförmig werden.«

4) Hr. Faraday stellt seine Versuche in der Art an, dafs er eine anfänglich offene, gegen den Magneten möglichst indifferente Glasröhre, die er, nachdem er aus ihr die Luft fortgenommen hat, zuschmilzt, vorher und nachher in freier Luft zwischen den Polen schwingen läfst. Er findet keinen Unterschied, auch dann nicht, wenn er die Röhre in verschiedenen Gasen schwingen läfst und mit ver-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 70, S. 39.

schiedenen Gasen füllt. Eben so wenig findet er einen Unterschied, wenn er die Röhre mit oder ohne Gas in Wasser, Alkohol und Terpentinöl, oder wenn er endlich einen festen diamagnetischen Körper, schweres Glas oder einen Wismuthstab, in verschiedenen und verschieden comprimirten Gasen schwingen läfst. Beim ersten Durchlesen der Beschreibung dieser Versuche, leuchtete mir aus mechanischen Gründen ein, dafs, wenn überhaupt in irgend einem dieser Versuche eine Wirkung sich zeigen sollte, die Gase in einem ganz enormen Grade magnetisch oder diamagnetisch seyn müfsten. Denn die magnetische oder diamagnetische Kraft einer Materie mufs offenbar mit der Verdünnung der Materie abnehmen. Wir wollen, rein hypothetisch, für einen Augenblick jene Abnahme und diese Verdünnung einander proportional setzen, wie es bei Anziehungskräften und auch, was hier näher liegt, bei der Drehung der Polarisationsebene in Flüssigkeiten der Fall ist, wo zum Beispiel in einer Zuckerlösung die Gröfse dieser Drehung sich wie die Menge des aufgelösten Zuckers verhält. Eine magnetisch indifferente Röhre ganz mit Wasser gefüllt und in Wasser horizontal schwingend aufgehängt, nimmt zwischen den Magnetpolen keine bestimmte Stellung an, weil diejenige Kraft, welche das Wasser im Innern der Röhre in die aequatoriale Lage treibt, durch die diamagnetische Erregung des umgebenden Wassers aufgewogen wird. Ist in der horizontal schwingenden Röhre nur halb so viel Wasser als ursprünglich, das dann bei derselben Länge nur den halben Querschnitt hat, so wird die zweite Kraft überwiegend. Es wird die Röhre in die axiale Lage getrieben, und in dieser Lage festgehalten mit einer Kraft, die der Hälfte derjenigen diamagnetischen Kraft gleich ist, die auf die ganze Masse des in der Röhre ursprünglich sich befindenden Wassers wirkt, und die wir als Einheit nehmen wollen. Bliebe in der Röhre, nach der Längenrichtung derselben gleichmäfsig vertheilt, nur $\frac{1}{1800}$ des ursprünglichen Wassers, so würde die Röhre in der axialen Lage mit einer Kraft, die $\frac{1799}{1800}$ beträgt, festgehalten werden, und diese

Kraft

Kraft würde der Einheit selbst gleich werden, wenn durchaus kein Wasser mehr in der Röhre sich befände. Der Unterschied dieser beiden Kräfte, der nur $\frac{1}{1800}$ der Gröfse derjenigen diamagnetischen Kraft beträgt, die ursprünglich auf das *in* der Röhre befindliche Wasser wirkt, wird sich, selbst abgesehen von dem Widerstande in der umgebenden Flüssigkeit, niemals durch die Drehung der Röhre nachweisen lassen. Wenn im Innern der Röhre die Wassermasse $\frac{1}{1800}$ in die Dampfform überginge, so würde, unter der Voraussetzung, dafs die Wirkung des Magneten auf die Dampf-Molecüle dieselbe wäre als auf die Wasser-Molecüle, durchaus nichts sich ändern. Der Diamagnetismus des Wasserdampfes wird also auf diesem Wege wohl niemals nachgewiesen werden können.

Ein Aehnliches findet statt bei allen anderen, zu Anfang dieser Nummer angeführten Versuchen.

5) »Ich habe«, sagt Hr. Faraday, »einen Versuch mit Cagnard de la Tour's Aetherröhren erdacht, fürchte sehr bei seiner Ausführung grofse Schwierigkeiten anzutreffen, hauptsächlich wegen der Stärke, und also der Masse, welche für die Röhre nöthig ist, um der Expansion des eingeschlossenen erhitzten Aethers zu widerstehen« (2435) [1]. Wenn es der Experimentirkunst des Hrn. Faraday gelingen sollte, die Schwierigkeiten dieses Versuches zu überwinden, so erhielten wir eine directe entscheidende Antwort auf die Frage, ob diamagnetische Flüssigkeiten, nachdem sie in Dampfform übergegangen sind, ihren Diamagnetismus verlieren. Hr. Faraday setzt eine bejahende Antwort voraus; ich hingegen möchte, auf den Grund der in dem Nachfolgenden beschriebenen Versuche, eine verneinende Antwort mit Zuversicht erwarten.

6) Um meinerseits der Frage über den Diamagnetismus der Gase zur Entscheidung zu bringen, suchte ich zuerst die Masse der dieselben einschliefsenden Hülle möglichst zu vermindern, und so kam ich, unter Anderem, auch auf den Gedanken, für diese Hülle eine Seifenblase zu neh-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 70, S. 51.

men. Ich legte in einem vorläufigen Versuche auf die beiden einander genäherten Polflächen des Elektro-Magneten ein Glimmerblättchen, und brachte auf dieses eine Seifenblase, die die Form einer Halbkugel annimmt, fand aber keine Einwirkung des Magneten auf die Form dieser Seifenblase, und zwar eben so wenig wenn dieselbe mit Luft, als wenn sie mit Tabacksrauch gefüllt war. Hiernach gab ich es ganz auf die Gase einzuschliefsen, und da boten sich mir, um über den magnetischen, diamagnetischen oder neutralen Zustand der Gase zu entscheiden, die *gefärbten* Gase unmittelbar dar.

7) Ich legte die beiden Halbanker *B* (siehe die 2. Nummer) mit den eingeschraubten konischen Spitzen so auf die Polflächen, dafs der Abstand dieser beiden Spitzen $3^{mm}5$ betrug. Unter dieselben brachte ich eine vorher erwärmte dickere Platinplatte, und überdeckte das Ganze mit dem oben offenen Kasten der Torsionswaage. Es wurden Jodstückchen auf die Platinplatte gelegt, und der Magnetismus wurde durch Schliefsen der Kette dann hervorgerufen, als eine gerade schmale Säule von Joddämpfen zwischen den Polspitzen senkrecht in die Höhe stieg. Augenblicklich theilte sich, in der Höhe der Polspitzen, diese bisher gerade aufsteigende Säule, so dafs sie in der Aequatorialebene eine Parabel bildete, die namentlich auf der concaven Seite, wo die violette Farbe am intensivsten war, mit ungemeiner Schärfe sich abzeichnete und bis zu einer Erhebung von 100 bis 150^{mm} noch vollkommen scharf blieb. Einer ähnlichen Form, gebildet von dem Rufse der Terpentinflamme, werden wir später begegnen, und da ich von dieser eine Abbildung beigefügt habe, kann ich dieses hier unterlassen.

Der in dieser Nummer beschriebene Versuch beweist unzweifelhaft, *dafs die Joddämpfe von den beiden Polen eines Magneten abgestofsen werden.*

8) Dasselbe finden wir bestätigt, wenn wir die beiden parallelepipedischen Halbanker (*A*) mit ihren breiten Flächen auflegen. Bringen wir alsdann aufsteigende Joddämpfe zwischen die beiden Polflächen der Halbanker, so wer-

den dieselben seitwärts (nach aequatorialer Richtung) hinausgetrieben, und wenn sie an der Seite derselben aufsteigen nach Aufsen hin abgestofsen. Die Wirkung zeigt sich am stärksten, wenn wir, um die magnetische Spannung zu vermehren, die beiden Anker wiederum auf 3^{mm} bis 4^{mm} annähern.

9) Bei der Deutung der in den vorigen beiden Nummern gewonnenen Resultate dürfen wir nicht aufser Acht lassen, dafs die Joddämpfe von Luft umgeben sind. Diese Joddämpfe sind, in Gemäfsheit der Abstofsung, welche sie von den Polen des Magnets erfahren, entweder diamagnetisch und dann stärker diamagnetisch als die Luft, wenn diese überhaupt es ist oder indifferent sich verhält. Wenn die Luft aber magnetisch seyn sollte, so müfsten sie, wo nicht diamagnetisch, doch schwächer magnetisch seyn, als diese [1]). Die erste der beiden Annahmen, dafs beide, der Joddampf sowohl als die Luft, diamagnetisch seyen, wird durch den Versuch der 11. Nummer namhaft an Wahrscheinlichkeit gewinnen.

10) In einen Glaskolben mit kurzem Halse, der so ausgezogen war, dafs er nur eine Oeffnung von ungefähr 3^{mm} Durchmesser behalten hatte, wurden einige Tropfen *Brom* gebracht. Der Glaskolben wurde dann mit seiner Oeffnung dicht unter die, $3^{mm},5$ von einander entfernten Polspitzen gestellt, durch eine Alkohollampe erwärmt und der Magnetismus dann erregt, als die Dämpfe bereits ausströmten. Die aufsteigende Dampfsäule war nicht so stetig und regelmäfsig, als beim Jod, wurde aber in der Aequatorialebene nach derjenigen Seite von den Spitzen aus abgestofsen,

1) Die merkwürdigen Versuche von Hrn. Faraday, bei denen er eine mit einer Lösung von Eisenvitriol gefüllte Glasröhre in eben einer solchen Auflösung zwischen den Polen aufhängt und schwingen liefs, und dann die Röhre sich axial oder aequatorial einstellte, also magnetisch oder diamagnetisch sich verhielt, je nachdem die Lösung im Innern oder aufserhalb stärker war — lassen sich auch ohne besondere Vorsicht leicht wiederholen. Ich habe dazu Röhren von dünnerem Glase genommen, 20^{mm} weit und etwa 125^{mm} lang, dieselben durch Kalbsblase verschlossen und keine Anker aufgelegt.

auf welcher sie, vor der Erregung des Magnetismus vorbeiging.

Die Bromdämpfe verhalten sich im Allgemeinen also wie die Joddämpfe.

10 *a.*) Chlordämpfe, durch Braunstein, Kochsalz und *concentrirte* Schwefelsäure entwickelt, wurden ebenfalls abgestofsen.

11) In denselben Glaskolben wurden ferner bei gleicher Ajustirung Stücke von Kupferdraht gebracht und dann Salpetersäure darauf gegossen; die sich entwickelnden salpetrigsauren Dämpfe strömten mit abwechselnder Gewalt aus der Oeffnung hinaus. Eine Abstofsung derselben wurde sogleich bemerkbar, dann aber zeigte sich auch, als die Dämpfe in der Form eines Cylinders von etwa 4^{mm} gerade zwischen den Polspitzen aufstiegen, dafs dieselben oberhalb der Polspitzen in der Aequatorialebene in Form einer Parabel sich ausbreiteten, deren Scheitel etwas oberhalb der Mitte zwischen den Polspitzen lag, und deren Axe die Fortsetzung der Richtung des ursprünglichen Gasstroms war. Der Gasstrom behielt in der Aequatorialebene den ursprünglichen Durchmesser ungefähr bei, flachte sich aber senkrecht gegen diese Ebene bis etwa auf die Hälfte ab. Im ganzen Querschnitt des parabolischen Stroms schien das Gas fast gleichmäfsig verbreitet. Derselbe stieg, obwohl weniger scharf begränzt als beim Jod, doch 60^{mm} bis 80^{mm} regelmäfsig in die Höhe.

Das salpetrigsaure Gas verhält sich im Allgemeinen also wie die Jod-, Brom- und Chlor-Dämpfe.

12) Der Versuch der vorigen Nummer nimmt besonders deshalb unsere Aufmerksamkeit in Anspruch, weil in dem salpetrigsauren Gase dieselben Bestandtheile als in der *Luft* sich befinden, nur in anderen Proportionen und condensirt. Wäre das Gas blofs *verdichtete Luft*, so würde die Abstofsung desselben in der gewöhnlichen Luft unwidersprechlich beweisen, dafs beide, die Luft und das Gas, diamagnetisch sind. Denn die verdichtete Luft wird nothwendig stärker von dem Magnete, sey es magnetisch oder diamagnetisch, afficirt als die gewöhnliche, und aus der Ab-

stofsung der ersteren würde folgen, dafs die Wirkung auf Luft überhaupt eine *diamagnetische* ist. (Ganz aus demselben Grunde sinkt im Wasser ein dichterer, mehr Masse haltender Stein zu Boden, während er steigen würde, wenn die Anziehung der Erde in eine Abstofsung sich verwandeln sollte. Weil die Kraft der Schwere gleichmäfsig auf die Masse des Steines und die Masse des Wassers wirkt, so schliefsen wir aus dem Sinken des ersteren, dafs die Kraft der Schwere anziehend und nicht abstofsend wirkt.)

Nach einem allgemeinen Princip, das Hr. Faraday (für feste und tropfbarflüssige Körper) aufgestellt hat, verhält sich jede mechanische oder chemische Verbindung blofs diamagnetischer Körper nothwendig diamagnetisch, jede Verbindung blofs magnetischer Körper magnetisch. Wenn wir dieses Princip auch auf gasförmige Körper übertragen, so wäre durch den Versuch der vorigen Nummer streng nachgewiesen, dafs, wenn Stickstoffgas und Sauerstoffgas sich *gleich* gegen den Magneten verhalten, das Verhalten beider, so wie das Verhalten der Luft und des salpetrigsauren Gases ein *diamagnetisches* seyn müsse. Wenn aber die Luft magnetisch sich verhalten sollte, so müfste eines der beiden Gase, das Sauerstoffgas oder das Stickstoffgas, und zwar dasjenige wohl, welches im salpetrigsauren Gase im Vergleiche mit der Luft vorherrscht, also das erstere, diamagnetisch, das andere magnetisch seyn. Diese letztere Voraussetzung hat durchaus keine Wahrscheinlichkeit für sich, wir können vielmehr mit vieler Sicherheit annehmen, dafs die Luft diamagnetisch ist, und dieser Annahme wollen wir in dem Nachfolgenden unsere Ausdrucksweise anpassen.

13) Der *sichtbare Wasserdampf*, der freilich nicht mehr als ein eigentliches Gas zu betrachten ist, wird ebenfalls von dem Magnete abgestofsen. Es wurde derselbe in einem zur Bestimmung des Siedpunktes des Wassers dienendem Gefäfse entwickelt und durch einen längeren Trichter zwischen die Polspitzen, deren Entfernung die frühere geblieben war, geleitet. Die Abstofsung zeigte sich ganz gut

auch ohne dafs der Kasten der Torsionswaage übergedeckt war, was der Dampfentwicklungs-Apparat nicht gestattete.

Wurde der Wasserdampf auf dieselbe Weise zwischen die beiden bis auf 3mm,5 genäherten parallelepipedischen Halb-Anker (*A*) zum Aufsteigen gebracht, so zog er sich im Momente des Schliefsens der Kette, aus der Mitte zwischen denselben herausgestofsen, seitwärts in der Aequatorialebene hin.

Der Wasserdampf ist also auch stärker diamagnetisch als die Luft.

13 *a.*) Um den *Quecksilberdampf* in Beziehung auf den Magneten zu untersuchen, wurde in folgender Weise verfahren. Der Leitungsdraht, welcher vom Platinende einer zwölfelementigen Säule ausging, wurde in ein Gefäfs mit Quecksilber geleitet, das unmittelbar unter den Polspitzen stand, während der Leitungsdraht, welcher vom Zinkende ausging, um den Eisenkern des Magneten lief, und erst dann in das Quecksilber eintauchte. Die Kette wurde dadurch geöffnet, dafs der *erste* Leitungsdraht aus dem Quecksilber herausgezogen wurde, und dann wieder geschlossen, wenn der den Trennungsfunken begleitende Quecksilberdampf zwischen den Polspitzen aufstieg. Alsdann zeigte sich die erwartete Abstofsung: *also ist auch der Qucksilberdampf stärker diamagnetisch als die Luft.*

14) Da die verschiedenen Flammen anders nichts sind, als die bei dem Verbrennungsprocesse erzeugten im glühenden Zustande befindlichen Gase, mit oder ohne beigemischte glühende feste Stoffe, so war es von Interesse, auch diese der Einwirkung des Magneten auszusetzen. Hierbei ergaben sich sehr hübsche Erscheinungen, die eine grofse Mannigfaltigkeit darboten, je nachdem einerseits die Form der Pole und die Entfernung derselben von einander verändert, und andererseits verschiedenartige Flammen genommen wurden. Wenn die Anker (*B*) mit den eingeschraubten konischen Spitzen aufgelegt wurden, zeigten sich die überraschendsten Erscheinungen, und diese will ich vorzugsweise beschreiben [1]).

1) Hr. Zantedeschi hat der Academie der Wissenschaften zu Paris vor

15) Wenn eine gewöhnliche *Stearinkerze* so in die Mitte zwischen die beiden, bis auf 15^{mm} einander genäherten Polspitzen gebracht wurde, dafs diese in zwei Drittheile der Höhe der Flamme sich befanden, so wurde diese Flamme herabgedrückt und in der Aequatorialebene breitgezogen. Ihre Form ist die in Fig. 1, Taf. III, abgebildete Aequatorialansicht (von der Seite eines der beiden Pole genommen); Fig. 1 *a*, Taf. III, ist der senkrechte axiale Durchschnitt der Flamme.

Wurde die Flamme aus der axialen Linie seitwärts herausgerückt, so wurde sie nach derjenigen Seite hin fortgestofsen und gebeugt, auf der sie sich befand. Aus der Aequatorialebene fortgerückt und einem der beiden Pole genähert, wurde sie nach dieser Ebene zurückgetrieben.

16) *Eine ruhig brennende, keinen Rufs absetzende Talgkerze* verhält sich ähnlich wie die Stearinkerze. Unter gleichen Umständen gab eine solche bei demselben Polabstande von 15^{mm} die in Fig. 2, Taf. III, dargestellte Aequatorialansicht. Nach oben lief die Flamme in einen scharfen Keil mit geradliniger Schneide aus.

17) Bei einer gröfseren Annäherung der Polspitzen nimmt die Erscheinung andere Formen an; bei allen Versuchen, die ich in dem Nachstehenden beschreiben werde, ist, wo nicht ausdrücklich es anders bemerkt ist, die constante Entfernung der Polspitzen von 3^{mm},5 festgehalten worden.

Wenn die frühere Talgkerze so zwischen die Polspitzen gebracht wurde, dafs diese in $\frac{7}{8}$ der Höhe der ursprünglichen Flamme sich befanden, so ergab sich die Aequatorial-

Kurzem die Mittheilung gemacht, dafs in der Nähe der Magnetpole verschiedene Flammen abgestofsen und niedergedrückt werden. Ich glaubte hierin sogleich eine diamagnetische Wirkung zu erkennen, und dieser Umstand in Verbindung mit den theoretischen, in der 4. Nummer entwickelten Betrachtungen gaben dem ersten Theile der gegenwärtigen Abhandlung ihre Entstehung. Bei den Versuchen unterstützten mich treulich die beiden Assistenten des physikalischen Kabinets, der Candidat des höheren Schulamts Hr. vom Kolke und der Studirende Hr. Beer; die nach der Natur ausgeführten Zeichnungen rühren namentlich von Letzterem her.

ansicht der dritten Figur. Fig. 3 *a*, Taf. III, ist der entsprechende axiale Durchschnitt.

Wenn die Polspitzen in der Mitte der Höhe der ursprünglichen Flamme sich befanden, so zeigte sich die Aequatorialansicht der vierten Figur. Fig. 4 *a*, Taf. III, stellt den senkrechten axialen Durchschnitt dar, und Fig. 4 *b*, Taf. III, ist eine Ansicht von oben, wo die Flamme die Form eines elliptischen Ringes hat, von einem schmalen, schwach leuchtenden Rande umgeben, und selbst einen dunkeln Raum umschliefsend.

Wenn die Talgkerze so viel wie möglich gehoben wurde, wo dann die beiden Polspitzen mit dem oberen Ende des Dochtes in gleicher Höhe sich befanden, und die Flamme, durch die eisernen Polspitzen abgekühlt, nicht mehr mit vollem Lichte brannte, so erhielt dieselbe, im Momente des Schliefsens der Kette, nicht nur ihr früheres Licht ganz wieder, sondern brannte stärker, indem sie heruntergedrückt wurde, und in der Aequatorialansicht die Form der fünften Figur annahm. Ein senkrechter axialer Durchschnitt ist in Fig. 5 *a*, Taf. III, dargestellt.

18) Da sich die Talgkerze höher nicht bringen liefs, wurden eine dünnere *Wachs*- und *Stearinkerze* genommen, und statt der konischen Spitzen zwei andere eingeschraubt, die nach unten durch eine dreieckige ebene Fläche begränzt waren. Wurden diese Kerzen, deren Flammen kürzer waren, allmälig immer höher gebracht, so waren die Erscheinungen ganz ähnlich, bis zuletzt, wenn die Polspitzen etwa mit der Mitte des Dochtes in gleicher Höhe waren, die der fünften Figur entsprechende Form, indem ihre Spitzen sich immer tiefer hinabzogen, in die Form eines kleinen, sehr scharf gezeichneten Kahnes überging, wobei der Docht die Segelstange in der Mitte vertrat, von der die Segel, weniger leuchtend als der Kahn selbst, zeltartig nach dem Borde desselben sich herabzogen.

19) Bei den Versuchen mit der Talgkerze haben wir die ausdrückliche Bedingung gestellt, dafs dieselbe keinen Rufs absetze. Ein *stark rufsendes* (schwalchendes) *Talglicht*

bietet ganz andere Erscheinungen dar. Wenn sich insbesondere die beiden Polspitzen in $\frac{3}{4}$ der Höhe der ursprünglichen Flamme befanden, so ergab sich, beim Schliefsen der Kette, die in der sechsten Figur dargestellte Aequatorialansicht, wobei die linearen Dimensionen auf ein Viertel reducirt sind. Der aufsteigende graue Qualm breitete sich, bei einer Dicke von 7^{mm}, in der Aequatorialebene bedeutend aus. Er wurde auswärts von einer Parabel scharf begränzt, deren Scheitel *O* genau in die Mitte zwischen den beiden Polspitzen fiel, und die ihre Regelmäfsigkeit längere Zeit und bis zu einer Erhebung von 190^{mm} behielt. Nach innen war die Begränzung, obwohl nach Parabelform strebend, doch unregelmäfsiger und wellenförmig wechselnd. Hellere Rauchwolken wirbelten von Zeit zu Zeit in dem inneren Raume unregelmäfsig auf. In einer Erhebung von mehr als 190^{mm} stieg der Rauch nicht mehr gleichförmig, sondern wie eine gewöhnliche Rauchsäule auf. Die Flamme selbst, die herabgedrückt und in der Aequatorialebene ausgebreitet war, lehnte sich an die äufsere Begränzung des Rauches, an der sie, parabolisch ausgehöhlt und Spitzen bildend, in scharfer Zeichnung sich hinaufzog, und war auch auf der äufsern Seite durch einen schmalen dunkleren Gasstreifen, der da, wo die Flamme aufhörte, in die Rauchsäule überging, begränzt.

20) Endlich erwähne ich noch der Erscheinung, die eine *Terpentinflamme* darbot. Es wurde nämlich in die wenig tiefe Aushöhlung eines Porcellannäpfchens ein schmaler Docht lemniskatenförmig ausgebreitet, Terpentinöl darauf gebracht und dasselbe angezündet. Es gab eine, auf der ganzen Oberfläche des Terpentinöls aufstehende, ziemlich ruhig brennende, stark Rufs absetzende Flamme. Die Polspitzen reichten noch in den oberen Theil der Flamme hinein, deren gröfster Durchschnitt mit der Aequatorialebene zusammenfiel. Beim Schliefsen der Kette wurde die Flamme in der Mitte bis 3^{mm} bis 4^{mm} unter die Höhe der Polspitzen herabgedrückt; ihre ganze obere Begränzung hatte eine ganz ähnliche Form als in dem zuletzt beschriebenen Versuche.

Die mitaufsteigende Kohle vereinigte sich zu einer schwarzen scharf gezeichneten Linie, die die obere Begränzung der Flamme bildete und als regelmäfsige Parabel bis zu 180^{mm} aufstieg, und von hier, spiralförmig sich erweiternd, noch ungefähr um eine gleiche Höhe die parabolische Bahn verfolgte und dann in unbestimmter Rauchform aufserhalb des Kastens sich verlor.

21) Die bei der Terpentinflamme eben beschriebene Parabel zeichnete sich mit ähnlicher Schärfe auch dann, wenn ein Stück *Zunder* (Feuerschwamm) unter die Polspitzen gebracht und angezündet wurde. Während dasselbe, ohne mit einer Flamme zu brennen, verkohlte, stiegen schmale dichte Rauchsäulen auf. So wie die Kette in dem Momente geschlossen wurde, wo eine solche in der Mitte zwischen den Polspitzen hindurchging, bildete sich sogleich die Parabel.

Dasselbe fand, nur in etwas weniger scharfer Zeichnung, auch dann statt, wenn von einer *ausgeblasenen Talgkerze* noch Rauch aufstieg.

22) Ein Stückchen *Schwefel* wurde auf das in der Mitte vertiefte Porcellannäpfchen gelegt und angezündet. Nachdem dasselbe zu einer Masse, die 7^{mm} im Durchmesser hielt, geschmolzen war, brannte es ruhig fort und bildete einen regelmäfsigen Flammenkegel von ungefähr 6^{mm} Höhe, der mit seinem oberen Theile zwischen die Polspitzen reichte. Im Momente des Schliefsens wurde die Flamme herabgedrückt und bildete nur noch eine, auf der geschmolzenen Schwefelmasse liegende, feurige Schicht. Der Schwefel brannte schneller, und gerieth, während der magnetischen Erregung, in ein heftigeres Kochen.

22 *a*.) Wenn in dem Versuche der vorigen Nummer statt des Stückchen Schwefels ein Stückchen Phosphor genommen und angezündet wurde, so zeigte sich auch hier eine Depression der hellbrennenden Flamme, und zwar in Begleitung des öfters schon beschriebenen parabolischen Aufsteigens des bläulichen Dampfes, das hier überraschend schön sich zeigte.

23) Eine *Alkoholflamme*, 25^{mm} hoch, von violetter Farbe ruhig brennend, wurde, beim Schliefsen der Kette, wie die Flamme einer Stearinkerze herabgedrückt und nahm bei verschiedener Erhebung die entsprechenden ähnlichen Formen an. Die Verbrennung wurde stärker, und die ursprüngliche dunkelviolette Farbe schön *gelb*.

24) Die *Verstärkung der Flamme*, die überall bisher sich gezeigt hat, ist offenbar Folge davon, dafs die Flamme der Quelle, aus der sie ihre Nahrung nimmt, durch den Magnet näher gebracht wird. Der Alkohol, das Stearin, der Schwefel werden bei der stärkeren Erwärmung stärker consumirt. Um speciell zu entscheiden, worin die gelbe Färbung der Flamme durch den Magneten, die bei der Verbrennung des Schwefels sich nicht zeigte, ihren Grund habe, wurde in einem kupfernen, fingerhutartigen Gefäfse Alkohol, und zwar *ohne Docht*, unter die Polspitzen gebracht, und, statt der gewöhnlichen Spirituslampe, angezündet. Die Flamme änderte ihre Form ähnlich wie früher, doch ohne sich gelb zu färben. Die gelbe Farbe beim ersten Versuche scheint hiernach davon herzurühren, dafs Kohlentheilchen von dem Dochte sich losreifsen, und dieses wiederum wird dadurch hervorgebracht, dafs durch die Erregung des Magnetismus die Flamme zum Dochte herabgedrückt wird und diesen zum Theil verkohlt.

25) Interessant war es noch, die *Wasserstoffgasflamme* zu untersuchen, die bekanntlich nur aus glühendem Wasserdampf besteht. Nachdem das Wasserstoffgas in gewöhnlicher Weise durch Zinkstücke und verdünnte Schwefelsäure entwickelt worden war, strömte es, nach Oeffnung eines Hahnes, aus einer, zu einer feinen Spitze ausgezogenen, Glasröhre, deren Oeffnung unter die Mitte der Polspitzen gebracht wurde, unter einem anfänglichen Wasserdrucke von 340^{mm} Höhe senkrecht nach oben aus. Nachdem es angezündet worden war, wurde der Magnetismus hervorgerufen. Anfänglich war, bei der grofsen Gewalt, mit welcher das Gas ausströmte, keine Einwirkung auf die Flamme bemerkbar; bei immer sich verminderndem Was-

serdrucke zeigte sich aber, indem zugleich die Flamme kleiner wurde, bald diese Einwirkung, und ganz so wie in den früheren analogen Fällen wurde die Flamme seitwärts getrieben und herabgedrückt.

26) Wenn wir einen Blick rückwärts werfen auf die beschriebenen Erscheinungen, die die verschiedenen Flammen darbieten (14 bis 25), so erklären sich alle die mannigfaltigen Formen aus der Annahme, dafs die Masse der Flammen durch den Magnet abgestofsen werde, und dafs diese Abstofsung hauptsächlich von der Axenlinie aus nach allen Seiten hin erfolgt. Die Form der Flamme ändert sich, äufseren Eindrücken folgend, ähnlich wie eine in eine dünne Hülle eingeschlossene Gasmasse. Die ursprüngliche Form ist durch das Aufsteigen des aus dem Dochte sich entwikkelnden Gases bestimmt. In der ersten und zweiten Figur bringt die laterale Abstofsung, indem sie die Flamme in die Breite zieht, eine Depression derselben hervor. Wenn diese Wirkung zunimmt, so streben die beiden äufsersten Spitzen in der Aequatorialebene, ähnlich wie die ursprüngliche Flamme, nach oben (Fig. 3 bis 5, Taf. III), wodurch in den beiden ersten Fällen in der Mitte eine Vertiefung entsteht. Wenn aber die Polspitzen tiefer liegen, so kann die Flamme, die aus dem Dochte das sie nährende Gas zieht, diesen Docht nicht verlassen, und dann entsteht in der Mitte eine Erhebung wie in der fünften Figur. Hier ist der erhabenere Theil aus demselben Grunde, als bei der gewöhnlichen Kerzenflamme der untere Theil, weniger leuchtend.

27) In den meisten Fällen wird die Flamme durch den Magnet herabgedrückt, und in Folge davon verstärkt. Beides in Folge der von diesem ausgehenden Abstofsung. Eine solche Abstofsung mufs aber unter veränderten Umständen auch eine Schwächung der Flamme, so wie auch eine Verlängerung derselben hervorbringen können. Ersteres zeigte sich zufällig an einer kleinen Stearinflamme, welche sogar, indem die Polspitzen tief unten an den Docht gebracht wurden, bei der Erregung des Magnetismus ausgelöscht wurde,

offenbar dadurch, dafs das Gas, welches die Flamme nährte, bevor es zu derselben gelangte, seitwärts abgestofsen wurde. Die Flamme war übrigens schon durch die von den Polspitzen ausgehende Abkühlung geschwächt.

28) Wenn andererseits die Flamme ganz oberhalb der Polflächen sich befindet, und die Richtung, nach welcher sie von dem Magnete abgestofsen wird, senkrecht nach oben gerichtet ist, so mufs die Flamme, wenn unsere Anschauungsweise die richtige ist, statt sich zu verkürzen, im Gegentheile sich verlängern. Um dieses durch einen directen Versuch zu bestätigen, wurden die parallelepipedischen Halb-Anker (*A*) flach aufgelegt und in einer Entfernung von $3^{mm},5$ gehalten. Ein gewöhnlicher Lampendocht wurde dicht über den mittleren Theil der oberen Kanten der beiden einander zugewandten rechtwinkligen Polflächen, und dann mit beiden Enden zwischen denselben hindurch in ein darunter stehendes mit Alkohol gefülltes Gefäfs geführt. Nachdem der Docht sich getränkt hatte, wurde er oben angezündet, wobei die Flamme sich nicht über denjenigen Theil des Dochtes hinaus, der an den oberen Kanten vorbeigeführt war, verbreitete. Die Flamme wurde beim Schliefsen der Kette *höher*.

Bei diesem Versuche darf der brennende Theil des Dochtes nicht aus der Mitte der oberen Kanten nach den Enden derselben fortgerückt werden, weil sonst die Flamme gleichzeitig seitwärts abgestofsen wird.

29) Durch die in dem Vorstehenden beschriebenen Versuche ist bewiesen, dafs die verschiedenen untersuchten Flammen sich diamagnetisch verhalten und überdiefs sämmtlich in höherem Grade diamagnetisch sind, als die umgebende Luft. Wenn einerseits in der Flamme der Talg-, Stearin- und Wachs-Kerze, so wie des Terpentins glühende fein zertheilte Kohle, andererseits in der Phosphorflamme glühende feste Phosphorsäure sich vorfindet, und diesen beiden Körpern in *der* Art die beobachtete Abstofsung der Flamme zugeschrieben werden könnte, dafs sie die glühenden Gase mit sich fortzögen — so finden sich doch in den

übrigen untersuchten Flammen keine fein zertheilten festen Körper, welche die Abstofsung hervorbringen könnten. *Es sind also der Wasserdampf der Wasserstoffgasflamme, die mit Wasserdampf gemengte Kohlensäure der Alkoholflamme, die schweflige Säure beim brennenden Schwefel, sämmtlich im glühenden Zustande, stärker diamagnetisch als die Luft.*

Dieses merkwürdige Resultat mufs uns um so mehr überraschen, wenn wir erwägen, wie ausgedehnt die genannten Gase im Zustande des Glühens sind, und wir werden unwillkührlich dahin geführt zu fragen, ob nicht die hohe Temperatur dem Hervortreten des Diamagnetismus günstig sey, wie sie andererseits den Magnetismus schwächt.

30) Gleich zu Anfang meiner magnetischen Untersuchungen bemühte ich mich durch den Magnet das Eisen in einer Alkoholflamme nachzuweisen, deren Docht mit fein zertheiltem Eisenvitriol eingerieben worden war, und die in Folge davon mit schönem gelben Lichte brannte. Ich erhielt damals ein negatives Resultat, das ich auch bei späteren Wiederholungen in der Art bestätigt fand, dafs die Flamme durch das beigemischte Eisen keine geringere Abstofsung erfuhr, als ohne dasselbe, ja selbst isolirte glühende Eisentheilchen, die mit der Flamme nach oben gingen, wurden vom Magnete in ihrer Bewegung nicht gestört.

31) Die bei der Flamme stattfindenden Erscheinungen geben keinen Augenblick dem Gedanken Raum, dafs die beobachtete Abstofsung Folge von Luftströmungen seyn könnte. Solche Strömungen der Luft könnten überhaupt nur durch die Wirkung des Magneten auf dieselbe hervorgebracht werden, nicht durch die Flamme selbst, weil ihre Wirkung zugleich mit dem Magnetismus aufhört. Denkbar wäre es, da wir die Luft als diamagnetisch ansehen, dafs, wenn wir die parallelepipedischen Halbanker (*A*) wie in der 28. Nummer auflegen, der Raum zwischen den Polflächen der Halbanker schornsteinartig wirkte, in der Art, dafs die Luft an denjenigen Stellen, wo die diamagnetische Wirkung am stärksten (der Magnetismus in den Polflächen am stärksten) wäre, herausgestofsen und durch andere con-

tinuirlich ersetzt würde, die an Stellen, wo die Wirkung schwächer wäre, hineinträte. Die Flamme seitwärts in die Nähe der Polflächen gebracht, wurde abgestofsen, und als ich ein Glimmerblättchen zwischen die Flamme und den Halbanker einschob, wurde die Flamme *weniger stark* abgestofsen. Aber, da überhaupt die Nähe des Glimmerblättchens störend einwirkt, wage ich noch nicht zu entscheiden, ob die Schwächung der Abstofsung einem Luftzuge zuzuschreiben sey oder nicht, wie interessant es auch wäre, auf diese Weise den Diamagnetismus der Luft direct nachgewiesen zu haben.

32) Wenn die Luft, woran sich nicht wohl zweifeln läfst, diamagnetisch ist, so wird sie von den Polen des Magneten abgestofsen und also in der Nähe derselben *verdünnt*. Diese Verdünnung läfst sich aber durch das Barometer *nicht* beobachten, weil die Luft gewissermafsen durch den Magneten zugleich auch eine gröfsere Spannkraft erhält. Ich schlug daher zu diesem Ende einen andern Weg ein, und nahm einen Glascylinder, etwa 90^{mm} lang und 30^{mm} breit, der in der Mitte so eingedrückt war, dafs die konischen Spitzen der Halbanker (*B*) in die Vertiefungen hineingebracht werden konnten, und dann nur wenige Millimeter von einander abstanden. An den Cylinder war eine enge Röhre angeschmolzen und die Luft in demselben durch einen in letztere gebrachten Alkoholtropfen abgesperrt, um aus der Bewegung des Tropfens beim Schliefsen der Kette auf den Magnetismus oder Diamagnetismus der eingeschlossenen Luft zu schliefsen. Obgleich sich kein Erfolg zeigte, so gedenke ich doch unter anderen Verhältnissen und bei stärkerer Kraft den Versuch zu wiederholen.

§. 2.

Ueber das magnetische oder diamagnetische Verhalten der tropfbarflüssigen Körper.

33) Wenn Massen von feinen Eisenfeilspänen über die angenäherten Pole eines Magneten gebracht werden, so bil-

den sie, in Folge davon, dafs sie von diesen Polen angezogen werden, Anhäufungen, die nach der Form und Entfernung der Pole verschiedene Configurationen annehmen. In entsprechender Weise müssen daher auch magnetische Flüssigkeiten afficirt werden. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, brachte ich zunächst verschiedene Flüssigkeiten in einem Uhrglase über die Pole des Elektro-Magneten, und die beobachteten Erscheinungen entsprachen vollkommen meiner Erwartung. Die Flüssigkeiten zogen sich mehr oder weniger stark nach denjenigen Punkten hin, wo die magnetische Wirkung am stärksten ist, also vorzugsweise nach den Kanten der Polflächen, und in Folge hiervon nimmt ihre Oberfläche merkwürdige Formen an, die ihre volle Erklärung in der analogen Anschauung finden, von der wir in dieser Nummer ausgegangen sind. Diese Erscheinungen will ich zunächst für eine stärkere magnetische Flüssigkeit, eine ziemlich concentrirte *Auflösung von Eisenchlorid in Wasser*, beschreiben.

34) Ich wählte, ihrer gröfseren Masse wegen, die in der zweiten Nummer erwähnten Halbanker (*C*), legte dieselben, die eingehobelten Rinnen nach unten gekehrt, so auf die Polflächen des Elektro-Magneten auf, dafs die abgerundeten Enden einander zugewendet waren und in einer bestimmten Entfernung von einander gehalten wurden. Ein Uhrglas aus einer Kugel geschnitten, deren Radius 36^{mm} betrug, wurde so auf die beiden Halbanker gesetzt, dafs es diese in denjenigen Punkten berührte, deren Entfernung die kleinste war, und dann in dasselbe die Flüssigkeit gebracht. Betrug der kleinste Abstand der beiden Halbanker von einander 2^{mm},5, und war die Menge der Flüssigkeit eine solche, dafs ihr Umfang einen Kreis von 35^{mm} Durchmesser bildete, so nahm, nach Schliefsung der Kette, die Flüssigkeit eine solche Form an, dafs sie, von oben gesehen, sich als von einer fast geometrisch genauen Ellipse begränzt darstellte, deren grofse Axe in die Aequatorialebene, und deren kleine Axe in die senkrechte Meridianebene

ebene [1]) des Magneten fiel. Jene war 40^{mm}, diese 25^{mm} lang. Der Stand der Flüssigkeit, vor und nach dem Schliefsen der Kette, wurde durch das Sphärometer gemessen, und so stellte sich heraus, dafs die magnetische Kraft die Flüssigkeit in der Mitte um $1^{mm},12$ gehoben hatte. In der achten Figur stellt der gröfsere Kreis die ursprüngliche Begränzung der Flüssigkeit, von oben angesehen, dar, und dieser Kreis verwandelt sich durch die magnetische Einwirkung in die äufsere Ellipse. Die Flüssigkeit drängt sich in die aequatoriale Ebene, in derselben einen Bergrücken bildend, dessen Kamm durch eine Curve gebildet wird, die sich in der Mitte fast zu einer geraden Linie abflacht, und an den Enden, ihre Convexität ändernd, sich rasch zum Glase herabsenkt. Der Durchschnitt in der Meridianebene ist oben durch eine in der Mitte einen Hügel bildende Curve begränzt.

35) Die magnetische Einwirkung auf die Flüssigkeit wird noch augenscheinlicher, wenn ihre Quantität vermindert wird. Bildete ihr Umfang ursprünglich einen Kreis von 25^{mm}, so zog sich dieser, nach axialer Richtung schmaler, nach aequatorialer Richtung breiter werdend, von oben angesehen, in eine mehr excentrische Ellipse auseinander, deren Axen $30^{mm},5$ und 13^{mm} betrugen (Fig. 8, Taf. III). Der axiale Durchschnitt der Flüssigkeit, nach *AB*, ist Fig. 8 *a*, der aequatoriale, nach *CD*, Fig. 8 *b* dargestellt.

Die oberen Kanten der beiden Halbanker, auf welchen das Uhrglas aufsteht, sind in der 8. bis 12. Figur durch die mit gröfseren Radien beschriebenen beiden Kreisbogen angezeigt.

1) Als solche bezeichne ich, im Sinne der Faraday'schen Bezeichnungsweise, jede durch die axiale (die Pole verbindende) gerade Linie gelegte Ebene. Wenn überhaupt zwei symmetrische Halbanker auf die Polflächen eines Hufeisenmagneten gelegt werden, so giebt es immer zwei Ebenen von ausgezeichneter Lage, von welchen die erste durch die Axen der beiden Schenkel, und die zweite, senkrecht auf der ersten, durch die Mittellinie des Magneten geht. Die erste wollen wir in dem Nachstehenden *Meridian*-, die zweite *Aequatorial-Ebene* nennen.

36) Wenn der kürzeste Abstand dieser Halbanker bis auf 8^{mm} vergröfsert wurde, so änderte sich, indem die letzte Flüssigkeitsmenge beibehalten wurde, die Form der Flüssigkeit ganz wesentlich. Diese bildete (Fig. 9, Taf. III), von oben angesehen, ein Oval, das merklich von einer Ellipse abwich. Die Dimension desselben in der Aequatorialebene war dieselbe geblieben, in der Meridianebene aber hatte sich die Flüssigkeit bis auf 14^{mm},5 zusammengezogen. Fig. 9 *a* und Fig. 9 *b* stellen bezüglich die Durchschnitte der Flüssigkeit nach *AB* und *CD* dar; beide sind oben in der Mitte durch fast gerade Linien begränzt.

37) Bei derselben Menge der Flüssigkeit wurden die Pole bis auf 15^{mm} von einander entfernt; dann ergab sich die Form der 10. Figur, nachdem sich der ursprüngliche Kreis sowohl nach der axialen, als auch nach der aequatorialen Richtung zusammengezogen hatte; nach jener hatte sich die Convexität des Kreises vermindert, nach dieser in der Mitte in Concavität verwandelt. Die neue Begränzungscurve wurde von dem fraglichen, sie ganz umschliefsenden Kreise in denjenigen vier Punkten berührt, durch deren senkrechte Projection auch die oberen Kanten der beiden Halbanker gingen. Von oben angesehen, stellten sich zwei Bergrücken dar, die mit zwei geraden Linien zusammenfielen, deren Projectionen die Halbanker-Kanten in den Punkten des geringsten Abstandes berührten, und in der Mitte zwischen beiden ein parallellaufendes, in der Aequatorialebene liegendes Thal. Die beiden Durchschnitte der Flüssigkeit nach *AB* und *CD* bei dem Falle der vorigen Nummer änderten sich hier in der Art, dafs ersterer (Fig. 10 *a*, Taf. III) in der Mitte eine Vertiefung erhielt, und letzterer (Fig. 10 *b*), in der Mitte geradlinig bleibend, durch einen gegen das Uhrglas concaven Bogen zu diesem sich heruntersenkte.

38) Dann wurden die beiden Halbanker bis auf eine Entfernung von 23^{mm} gebracht, wobei die Flüssigkeit noch eben über die oberen Kanten derselben herüberragte. Beim Schliefsen der Kette zog sich die Flüssigkeit zu einem lang-

gestreckten Ovale auseinander, dessen gröfste Dimension mit der *axialen* Richtung zusammenfiel. In der Mitte vertiefte sich die Flüssigkeit fast bis zum Glase, und häufte sich senkrecht oberhalb der Kanten der beiden Halbanker hügelartig auf. Die Ansicht von oben ist in der 11. Figur, der Durchschnitt nach *AB* in Fig. 11 *a*, Taf. III, dargestellt. Nach der Aequatorialebene war das Oval in der Mitte etwas zusammengedrückt; der Durchschnitt nach dieser Ebene folgte der oberen Fläche des Uhrglases.

39) Endlich wurde noch ein Polabstand von 31^{mm} genommen, so dafs der ursprüngliche Flüssigkeitskreis ganz zwischen den Halbankern lag. Dann verwandelte sich derselbe, nach Erregung des Magnetismus, in eine wenig excentrische Ellipse, deren grofse Axe in die Meridianebene fiel (Fig. 12, Taf. III). Nach der Aequatorialebene hatte die Oberfläche der Flüssigkeit eine schwache Vertiefung.

Wenn bei der, durch die Entfernung der Halbanker bedeutend geschwächten magnetischen Spannung eine gröfsere Stromstärke angewandt worden wäre, und die Flüssigkeit die Halbanker erreicht hätte, so würde dieselbe offenbar eine Form angenommen haben, die der des vorigen Falles näher gekommen wäre. Ueberhaupt können wir leicht den allmäligen Uebergang von der Form der 8. bis zur Form der 12. Figur verfolgen, und aus den Anziehungskräften und der Cohäsion der Flüssigkeit als nothwendig begründet ableiten.

40) *Eisenchlorür*, in Wasser aufgelöst, zeigte sich etwas weniger stark magnetisch als Eisenchlorid, *Eisenvitriol* weniger noch. Bei derselben Ajustirung, als in der 34. Nummer, bildete eine concentrirte Lösung des letztgenannten Salzes in dem Uhrglase einen Kreis von 26^{mm} Durchmesser, der sich bei Erregung des Magnetismus in eine Ellipse umgestaltete, deren Axen $27^{mm},5$ und $23^{mm},5$ lang waren.

41) Stärker magnetisch als die Eisenvitriollösung war eine gesättigte Lösung von *salpetersaurem Nickeloxyd*, die ursprünglich einen Kreis von $30^{mm},5$ Durchmesser bildete,

und nach der magnetischen Erregung eine Ellipse, deren Axen 33^{mm} und 26^{mm} betrugen.

42) Bei allen vorstehenden Versuchen wurden zehn Grove'sche Elemente in Thätigkeit gesetzt; aber *ein einziges* Element reichte schon hin, um die Wirkung bemerklich zu machen. Bei der in dem ersten Paragraphen dieser Abhandlung beschriebenen Einwirkung auf die Flammen bedurfte ich hierzu mindestens *zwei* Elemente.

Um die Wirkung bei schwächeren magnetischen Flüssigkeiten zu sehen, brachte ich die beiden Halbanker vorzugsweise in eine Entfernung von 2^{mm} bis 4^{mm}. Die Spiegelung des Fensters in der Flüssigkeit erleichterte sehr die Beobachtung der magnetischen Wirkung, namentlich dann, wenn die Ausdehnung und Zusammenziehung der Flüssigkeit nur gering und nicht gut zu sehen war. Ein Beispiel einer *schwach* magnetischen Flüssigkeit gewährte eine Lösuug von käuflichem Kupfervitriol — wahrscheinlich in Folge des beigemischten Eisens — und eine Lösung von Eisenvitriol in Wasser vom 50fachen Gewichte.

43) Es lag nahe, neben den magnetischen Flüssigkeiten, auch die *diamagnetischen* demselben Versuche zu unterwerfen; die Resultate entsprachen den Erwartungen. Wenn die Entfernung der beiden Halbanker 2^{mm},5 betrug, so ging der, magnetischen Flüssigkeiten entsprechende, Durchschnitt von Fig. 8 *a* in die Form der 13. Figur über. (In dieser und der folgenden Figur ist die diamagnetische Wirkung stärker gezeichnet, als sie bei der angegebenen Stromstärke wirklich stattfindet.) Die Flüssigkeit dehnte sich nach der axialen Lage aus, während sie sich nach der aequatorialen zusammenzog. Oberhalb der Mitte zwischen den beiden Halbankern bildete sich, statt des früheren Bergrückens, nur ein in der Aequatorialebene sich hinziehendes *Thal.* Bei einer Entfernung der beiden Halbanker von 15^{mm} entstand, statt des Durchschnittes der magnetischen Flüssigkeit, wie er Fig. 10 *a*, Taf. III, dargestellt ist, ein Durchschnitt von der Form der 14. Figur. Die Flüssigkeit *erweiterte* sich sowohl nach axialer, als auch nach aequatoria-

ler Richtung, in der Aequatorialebene einen Bergrücken, und parallel mit demselben zwei Thäler bildend, deren senkrechte Projectionen die oberen Kanten der Halbanker berührten.

44) Es zeigte sich überhaupt, wenn der gröfseren magnetischen Spannung wegen die beiden Halbanker in einer Entfernung von 2^{mm} bis 4^{mm} gehalten wurden, dafs *keine einzige* der verschiedenen Flüssigkeiten, die ich untersucht habe, sich indifferent verhielt. Als diamagnetisch wurden auf diese Weise unter andern erkannt: Wasser, Alkohol, Schwefeläther, Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Ammoniakflüssigkeit, Schwefelkohlenstoff, fette und ätherische Oele, geschmolzenes Wachs, gesättigte Lösungen von salpetersaurem Wismuth, Kochsalz, Salpeter, Glaubersalz und namentlich auch von gelbem und rothem Blutlaugensalz, Milch, Blut.

45) *Quecksilber* zeigte sich in dem Uhrglase indifferent gegen den Magneten, wobei sich aber sogleich die Vermuthung ergab, dafs der Grund davon in der geringen Beweglichkeit desselben zu suchen, und diese wiederum durch den Umstand zu erklären sey, dafs dasselbe die Oberfläche des Glases nicht benetzte. Nachdem das Quecksilber darauf in eine kleine, frisch amalgamirte, messingene Schale gebracht worden war, zeigte es unzweifelhaft sein diamagnetisches Verhalten.

46) Am wenigsten vorhergesehen war es, dafs das gelbe und rothe Blutlaugensalz — was Hr. Faraday ebenfalls gefunden hat, indem er Krystalle desselben schwingen liefs — sich diamagnetisch verhielt. Eine gesättigte Lösung von *gelbem Blutlaugensalze* in Wasser war stärker diamagnetisch als das reine Wasser. Hienach hätte man wenigstens erwarten sollen, dafs, neben dem grofsen Eisengehalte, in dem Doppelsalze ungewöhnlich stark diamagnetische Stoffe sich befänden, dafs ein solcher zunächst in dem Cyankalium zu finden wäre, das in seiner Verbindung mit Cyaneisen, den Magnetismus dieses letzteren überwältigend, dasselbe entschieden diamagnetisch gemacht hätte. Aber Cyan-

kalium, in Wasser aufgelöst, *schien dieses nicht stärker diamagnetisch zu machen.*

47) Die vorstehende Beobachtungsmethode schien mir in doppelter Beziehung werth weiter ausgebeutet zu werden, einmal um das Vorhandenseyn auch *der kleinsten Spur von Magnetismus oder Diamagnetismus* bei einer Flüssigkeit zu entdecken, andererseits um die Stärke von beiden zu *messen.*

In ersterer Beziehung war vorauszusehen, dafs die Einwirkung des Magneten auf die Flüssigkeit bedeutend zunehmen mufste, wenn diese in kleinen Quantitäten, statt in ein Uhrglas, auf ein dünnes Glimmerblättchen, das bei einer geringen Entfernung der beiden Halbanker (*C*) auf beiden auflag, gebracht würde. Eine stärker diamagnetische Flüssigkeit bildete unter diesen Verhältnissen einen doppelten, mehrere Millimeter hohen Bergrücken, der, genau den beiden halbkreisförmigen Kanten folgend, da am meisten anstieg, wo der Abstand der beiden Halbanker am kleinsten war.

Am stärksten war die Wirkung des Magneten dann, wenn dieselben beiden Halbanker so aufgelegt wurden, dafs sie, wie bisher, ungefähr 3^{mm} von einander abstanden, ihre eingehobelten Rinnen aber nach oben gekehrt waren, und dann diese Rinnen, von welchen eine die Verlängerung der anderen bildete, da wo sie einander am nächsten waren, inwendig mit einem dünnen Glimmerblättchen bekleidet wurden, das zugleich von einem der beiden Halbanker zum andern eine Brücke bildete. Wurde hiernach Wasser, das keineswegs zu den am stärksten diamagnetischen Flüssigkeiten gehört, auf das Glimmerblättchen gebracht und auf beiden Seiten in einiger Entfernung von der Mitte durch Wachs eingedämmt, so zeigte sich, wenn man zwischen den beiden Ankern hindurchsah, das daselbst befindliche Wasser 5^{mm} bis 6^{mm} am Glimmerblättchen sich herunterziehen, um sich nach entgegengesetzten Seiten in die beiden Rinnen hineinzudrängen. Magnetische Flüssigkeiten hingegen bewegten sich nach der Mitte hin, und zogen sich hier an dem Glimmerblättchen in die Höhe.

48) Andererseits wurden die beiden parallelepipedischen Halbanker (*A*) flach aufgelegt, und in einer Entfernung von 8^{mm} gebracht, in welcher sie festgehalten wurden. Dann wurde zwischen die Polflächen der Halbanker ein parallelepipedischer, oben offener Kasten von dünnem Messingblech gebracht, dessen gröſsere Seitenwände ungefähr dieselben Dimensionen hatten, als jene Polflächen, und der, zwischen denselben, bei einer Weite von ungefähr 7^{mm}, noch einen kleinen Spielraum übrig lieſs. An dem unteren Theile einer der beiden schmalen Seiten war eine längere, in der Aequatorialebene langsam ansteigende Glasröhre von etwa $1^{mm},5$ innerem Durchmesser wasserdicht eingekittet. Wurde hiernach eine diamagnetische Flüssigkeit in solcher Menge in den Kasten gebracht, daſs etwa ein Drittheil desselben angefüllt und dem entsprechend die Flüssigkeit in der Röhre ungefähr bis zur Mitte anstieg, so verlängerte sich, beim Schlieſsen einer Kette von 6 bis 8 Grove'schen Trögen, der Flüssigkeitsfaden bei Wasser, Blutlaugensalzlösung, Alkohol um 1^{mm} bis 3^{mm}. Das umgekehrte fand bei Anwendung einer magnetischen Flüssigkeit statt; eine gesättigte Lösung von Eisenvitriol in Wasser zog sich in der Glasröhre um mehr als 80^{mm} zurück.

In wie weit aus dem Vorstehenden die Idee zu einer genaueren vergleichenden Bestimmung der Stärke des Magnetismus und Diamagnetismus bei Flüssigkeiten zu entnehmen seyn möchte, darüber behalte ich mir, mich hier auf die Erscheinung beschränkend, Erörterungen für eine spätere Mittheilung vor.

49) Bei der Bewegung der Flüssigkeiten zugleich auch *die Bewegung ihrer beigemengten feinzertheilten festen Körper* zu beobachten, war ein Gedanke, der nahe lag, und der insbesondere auch bei der Untersuchung des Blutes hervortrat. Hr. Faraday hat dasselbe schon als diamagnetisch erkannt — was freilich weniger befremden muſste, nachdem sogar das Blutlaugensalz als solches sich zeigte — und dieses fand ich bestätigt, gleich gültig, ob ich das Blut eines frisch getödteten Frosches, oder menschliches Blut, oder geschlagenes Ochsenblut in das Uhrglas brachte (44),

und auch dann, wenn die Blutkügelchen abfiltrirt, getrocknet und als feste Masse zwischen den Polspitzen an einem Coconfaden aufgehängt wurden. Interessant erschien es noch, die Blutkügelchen einzeln, in dem Serum schwimmend, zu beobachten.

50) Um das hierzu nothwendig werdende *Mikroskop* in Anwendung bringen zu können, bediente ich mich anfänglich der Halbanker (*B*), und schraubte in dieselben, statt der konischen Spitzen, zwei andere ein, von denen die untere Hälfte abgefeilt war, so dafs auch dann noch, wenn die Spitzen möglichst genähert waren, das Glas mit dem Objecte mit denselben fast zur Berührung gebracht werden konnte, wonach es gelang, gleichzeitig die beiden Spitzen und das Object in's Gesichtsfeld des Mikroskops zu bekommen.

In den meisten Fällen zog ich es indefs, der gröfseren magnetischen Spannung und leichteren Ajustirung wegen, später vor, die beiden parallelepipedischen Halbanker (*A*) flach aufzulegen und in einer Entfernung von $3^{mm},5$ festzuhalten, ein Glimmerblättchen oder ein dünnes Glas über zwei obere gegenüberstehende Ecken der beiden Halbanker zu legen, und das Mikroskop so zu ajustiren, dafs der Beleuchtungsspiegel das Licht, zwischen den Polflächen hindurch, zum Objecte sendete.

51) In welcher Weise wir auch beobachteten, und gleichviel, ob wir auf das Glas oder Glimmerblättchen Frosch- oder anderes Blut brachten, gleichviel ob unverdünnt oder mit Wasser gemischt, es war unter dem Mikroskope jedesmal eine Abstofsung der ganzen Flüssigkeitsmasse und daneben noch eine besondere Abstofsung der Blutkügelchen für sich wahrzunehmen. Diese Blutkügelchen, in denen die chemische Analyse den Eisengehalt nachgewiesen hat, erscheinen hiernach stärker diamagnetisch als das Serum, in dem sie ursprünglich schwimmen, stärker als das Wasser, in das sie gebracht worden waren.

52) Aehnlich wie das Blut verhielt sich unter dem Mikroskope die Milch mit ihren kleinen Fettkügelchen.

53) Um durch einen directen Versuch zu entscheiden, ob sehr kleine Körperchen in einer Flüssigkeit wirklich unter der Einwirkung des Magneten selbstständige Bewegungen annehmen, brachte ich aus einem frisch zerschnittenen Kartoffel-Amylumkügelchen in etwas Wasser auf Glimmer über eine Ecke der parallelepipedischen Halbanker; sie wurden, mit dem Wasser zugleich, abgestofsen und zwischen den Polkanten heraus nach Aufsen fortgetrieben. Als sie aber, statt in Wasser, in verdünnte Eisenvitriollösung gebracht worden waren, wurden sie zuerst mit Gewalt nach der Mitte der oberen Kanten, zugleich mit der Flüssigkeit, hineingezogen, kehrten dann aber, wenn die Flüssigkeit zur Ruhe gekommen war, in selbstständiger Bewegung zurück, und wurden von den Polecken nach Aufsen fortgetrieben.

* * *

54) Der erste Paragraph der vorstehenden Abhandlung war bereits abgesandt, bevor ich von dem Inhalte der neuesten Arbeit des Hrn. Faraday über den Diamagnetismus der Gase die geringste Kenntnifs hatte. Die blofse Mittheilung, dafs die 732. Nummer der Zeitschrift *l'Institut* [1]) über diese Arbeit Bericht erstatte, bewog mich die Absendung dieses ersten Paragraphen zu beschleunigen, der, obwohl schon längere Zeit vollendet, von mir doch noch gern zurückgehalten worden wäre, um zuvor noch den Erfolg zweier Versuche abzuwarten, von welchen einer nur in

1) Vom 12. Jan. 1848, angekommen in Bonn am 21. Januar. Die weiteren Nummern fehlen noch, so dafs ich bis heute nur die Berichterstattung über einen Theil der Faraday'schen Versuche kenne. Die 724. Nummer desselben Journals brachte (am 24. Nov. 1847) die erste Nachricht von Zantedeschi über Bancalari's Flammenversuche hierher. Weil ich, aus Gründen der Mechanik, den früheren Versuchen, aus welchen Hr. Faraday das indifferente Verhalten der Gase geschlossen hat, keine Beweiskraft zuschreiben konnte, beeilte ich mich, denselben Tag die Versuche mit der Flamme zu wiederholen, und, nachdem ich wenige Tage nachher den Versuch mit Joddämpfen gemacht hatte, konnte ich überhaupt nicht mehr an dem Diamagnetismus der Gase zweifeln. Seitdem habe ich meine Versuche jedem Besuchenden gezeigt.

der Wiederholung eines bereits in dem Vorstehenden discutirten Versuches besteht, und der andere, gleich beim Beginne meiner Versuche über den Diamagnetismus der Gase projectirt, wegen Mangels an Sonnenschein zu der Zeit, wo ich meine Versuche anstellen konnte, verschoben werden mufste. Dieser letzte Versuch verliert jetzt freilich in Folge der Mittheilung des Hrn. Faraday an dem Interesse der Neuheit; dennoch führe ich ihn, wenn auch immer noch unvollständig, in diesen nachträglichen Erörterungen an, weil er zur Abrundung der von mir im ersten Paragraphen beschriebenen Versuchsreihe gehört.

55) Es ist, um mit dem ersten der beiden in der vorigen Nummer erwähnten Versuche zu beginnen, eine tägliche Erfahrung, dafs, wenn auf einen heifsen Ofen die Sonne scheint, man die aufsteigende Luft und auf einer nahen Wand sogar den Schatten derselben ganz deutlich sieht. Hierin war ein Mittel geboten, aufsteigende warme Luft sichtbar zu machen, und dadurch zu entscheiden, ob die warme Luft diamagnetischer sey als die kalte, was ich mit Rücksicht auf die Versuche mit der Flamme für wahrscheinlich halten mufste (14), obwohl ich über die Nachweisbarkeit hiervon durch den Versnch kein Urtheil haben konnte. Ich brachte hiernach eine nach oben etwas gebogene Spirale von dünnem Platindraht ihrer Länge nach aequatorial unter die genäherten Polspitzen des Elektro-Magneten. Wurde der Strom von sechs Elementen hindurchgeleitet, so wurde die Spirale weifsglühend, und unter dem Kasten der Torsionswaage stieg ein heifser Luftstrom zwischen den Polspitzen ruhig in die Höhe und warf auf ein dahinter gehaltenes Blatt weifsen Papiers einen deutlich begränzten Schatten. Leider ging die Sonne in demjenigen Augenblicke ganz fort, als der Magnetismus durch Schliefsen der Kette hervorgerufen werden sollte. Aber nachdem Hr. Faraday den entsprechenden Versuch in der Art gemacht hat, dafs er durch oberhalb und seitwärts angebrachte Thermometer die aequatoriale Ablenkung des von unten aufsteigenden heifsen Luftstroms nachgewiesen hat,

ist es keinem Zweifel mehr unterworfen, dafs auch bei meiner Ajustirung der gerade aufsteigende Schatten sich in zwei parabolische Zweige getrennt haben würde.

56) Ganz eben so mufs Jeder, der nur einmal den zwischen den Polspitzen aufsteigenden Rauch einer Terpentinflamme oder Joddampf gesehen hat, die Ueberzeugung gewinnen, wie man nach dem schönen Verfahren des Hrn. Faraday — der oberhalb (oder unterhalb) und seitwärts des gerade aufsteigenden Gasstroms Gefäfse zur Aufnahme desselben anbrachte, und später fand, dafs Gase, die diamagnetischer sind als die Luft, beim Schliefsen der Kette nicht in das obere (oder untere), sondern in die seitwärts angebrachten Gefäfse getreten waren — zu allgemeinen Resultaten gelangen kann. Sobald es sich darum handelt, die verschiedenen Gase zu untersuchen, steht meine Versuchsreihe, in der ich mich darauf beschränkte, die Einwirkung des Magneten auf die *sichtbaren* Gase zu beobachten — den Versuch, farblose Gase in gefärbten aufsteigen zu lassen und dadurch sichtbar zu machen, brachte ich eben so wenig zur Ausführung, als ich überhaupt dessen Ausführbarkeit prüfte — gegen die Faraday'sche zurück.

57) Dagegen erlaube ich mir schliefslich nochmals auf den in dem ersten Paragraphen beschriebenen Versuch die Aufmerksamkeit zurückzulenken, auf den Versuch nämlich, *den Diamagnetismus der Luft durch ihre Verdünnung ganz in gleicher Art direct nachzuweisen, wie die Ausdehnung derselben durch die Wärme vermittelst eines gewöhnlichen Luftthermometers nachgewiesen wird.* Obgleich ich in dem Obigen das Mifslingen des Versuches, der in ungünstiger Weise zwei Mal angestellt worden war, berichten mufste, so verlor ich ihn dennoch nicht aus den Augen, keinen Augenblick an dem endlichen Gelingen desselben verzweifelnd. Jetzt kann ich melden, dafs er auf's schönste gelungen ist.

Ich legte die beiden Halbanker (C) mit ihren halbkreisförmigen Enden einander zugekehrt, und in einem kürzesten Abstande von 5^{mm} festgehalten, auf die Polflächen des

Hufeisen-Elektromagneten, und liefs ein Gefäfs von dünnem Messingbleche anfertigen, das möglichst genau, aber noch einen kleinen Spielraum übriglassend, zwischen die beiden Anker pafste. Das Gefäfs war 41^{mm} hoch, nach aequatorialer Richtung 93^{mm} lang, nach axialer Richtung in der Mitte $4^{mm},5$, an den beiden Enden 40^{mm} breit; es war überall luftdicht verschlossen, nur in der Mitte einer der beiden fast quadratischen Seitenwände war eine Glasröhre von 1^{mm} Durchmesser, die nach horizontaler Richtung in der Aequatorialebene sich befand, eingelassen. Nachdem die Temperatur eine constante von etwa 12^{0} C. geworden war, wurde das Gefäfs durch Berührung mit der Hand wenig erwärmt, und dann, um die innere Luft abzusperren, ein Alkoholtropfen vor die Oeffnung der Röhre gebracht. Beim Fortnehmen der Hand trat der Tropfen in die Röhre und kam in der Nähe des Gefäfses zur Ruhe. Dann wurde der Magnetismus durch das Schliefsen einer Kette von zwölf Grove'schen Elementen hervorgerufen, und in demselben Momente der Alkoholtropfen um 3^{mm} nach der Oeffnung der Glasröhre hin fortgestofsen, und wenn dann, nachdem er nach einiger Zeit zur Ruhe gekommen war, die Kette wieder geöffnet wurde, kehrte er genau in die ursprüngliche Lage zurück, und zwar zeigte sich diese letztere Bewegung schneller als die erstere. *Die Luft war also, in Folge diamagnetischer Abstofsung durch den Elektromagneten, ausgedehnt worden, und hatte sich, mit dem Verschwinden des Magnetismus, wieder auf das ursprüngliche Volumen zurückgezogen.*

58) Dasselbe in der vorigen Nummer beschriebene Gefäfs läfst sich an der andern Seitenwand, die derjenigen, in welcher die Glasröhre eingelassen ist, gegenübersteht, in der Mitte öffnen und verschliefsen, und so mit *beliebigen Gasen* füllen. Also auch diese können wir, wie die Luft, in Beziehung auf ihren Diamagnetismus prüfen. Endlich können wir, nach demselben Princip, auch den Einflufs der *Wärme* auf den Diamagnetismus der Gase bestimmen. Und wir können nicht nur den Diamagnetismus aller Gase

bei gegebener Temperatur beobachten, *wir können ihn auch messen.*

59) Da nach den anderen Bestimmungsweisen ein, nicht abgeschlossenes, Gas nur in der Luft oder in einem anderen Gase untersucht werden kann, so gelangen wir auf diesem Wege, abgesehen davon, dafs an Messungen dabei nicht zu denken sey, nur zu *relativen Bestimmungen.* Wir können hier nur vermuthen, dafs die Luft mit allen übrigen Gasen diamagnetisch sey. Die Erscheinungen würden bei allen derartigen Versuchen unverändert dieselben seyn, wenn die Luft und alle Gase, statt diamagnetisch zu seyn, magnetisch wären, vorausgesetzt nur, dafs diejenigen, die in der Wirklichkeit den stärkeren Diamagnetismus haben, den schwächeren Magnetismus hätten.

60) Merkwürdig erscheinen mir die in der 57. Nummer gewonnenen Resultate in mehrfacher Beziehung, namentlich auch darum, weil direct *eine Analogie zwischen der Wärme und der Kraft des Magneten durch dieselben nachgewiesen worden ist: beide dehnen die Luft und die gasförmigen Körper aus.* Es ist dargethan worden, dafs in der Umgebung eines Magneten auch die nicht abgesperrte Luft durch denselben verdünnt wird, und diese Verdünnung mufs nothwendig mit der Annäherung an die Pole zunehmen. Das Mariotte'sche Gesetz ist also, *strenge genommen*, in der bisherigen Annahme nicht mehr richtig. Das Barometer oder Manometer giebt uns nicht die Dichtigkeit der Luft, wenn wir nur auf die Wärme und nicht auf den diamagnetischen Zustand derselben Rücksicht nehmen.

Bonn, am 22. und 31. Januar 1848.

VIII. *Ueber eine neue quantitative Bestimmung des Arseniks, Antimons und Zinns; von Heinrich Rose.*

Der Salmiak kann durch seine Eigenschaft mehrere Oxyde bei erhöhter Temperatur zu zersetzen und mit den Metallen derselben leicht sich verflüchtigende Chloride zu bilden, auf mannigfaltige Weise in der analytischen Chemie benutzt werden. Die Untersuchungen geben oft in der kürzesten Zeit nach weniger Mühe genauere Resultate, als man sie durch die bisherigen Analysen erreichen kann.

Es ist bekannt, mit welchen Schwierigkeiten die Trennung der Säuren des Arseniks und des Antimons, so wie die des Zinnoxyds von den Basen verknüpft ist. Gewöhnlich scheidet man diese metallischen Säuren aus den mit Chlorwasserstoffsäure versetzten oder in derselben bewirkten Auflösungen der meisten ihrer Salze durch Schwefelwasserstoffgas als Schwefelmetall ab, und bestimmt in der abfiltrirten Flüssigkeit die Base als Chlormetall. Ist ein solches bei erhöhter Temperatur nicht leicht zersetzbar und nicht, oder nur bei sehr hoher Temperatur flüchtig, so wird die Flüssigkeit, die oft von einem beträchtlichen Volumen seyn kann, bis zur Trocknifs abgedampft und der trockne Rückstand schwach oder stärker geglüht. Jedem, der sich mit analytischen Untersuchungen beschäftigt hat, sind die Unannehmlichkeiten genügend bekannt, die mit dem Abdampfen grofser Flüssigkeiten verknüpft sind, die kleine Quantitäten alkalischer Salze enthalten, wenn diese ihrer Menge nach bestimmt werden sollen.

Die Schwierigkeiten bei einer solchen Untersuchung werden bedeutender, wenn das Salz der metallischen Säure in Wasser oder in Chlorwasserstoffsäure gar nicht oder nur sehr schwer löslich oder zersetzbar ist. Diefs ist häufig der Fall, wenn ein solches Salz geglüht worden ist, was

nöthig wird, wenn man den ganzen Wassergehalt unmittelbar bestimmen will.

Man kann alle diese Schwierigkeiten in vielen Fällen durch die Anwendung des Chlorammoniums umgehen.

Hat man ein Salz von alkalischer Base mit einer der genannten Metallsäuren zu untersuchen, so braucht man es nur nach dem Glühen und Wägen im fein gepulverten Zustand mit der fünf- bis achtfachen Menge von zerriebenem reinen Salmiak zu mengen, und das Gemenge in einem kleinen Tiegel von Berliner Porcellan, auf den man einen concaven Platindeckel legen kann, über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge bis zur Verflüchtigung des Chlorammoniums zu glühen. Es bleibt das Alkali als Chlormetall zurück, dessen Menge sehr genau unmittelbar bestimmt werden kann. So lange das Chlorammonium sich verflüchtigt, ist die Temperatur so niedrig, dafs nichts vom alkalischen Chlormetall entweichen kann; nach der Verflüchtigung des ammoniakalischen Salzes mäfsigt man die Hitze, so dafs der Rückstand im Porcellantiegel nicht zum Schmelzen kommt. Man mengt ihn nach dem Wägen mit einer neuen Menge Chlorammonium, und glüht von Neuem, um zu sehen, ob dadurch das Gewicht des Rückstands dasselbe bleibt oder sich verringert, in welchem Falle die Behandlung mit Chlorammonium wiederholt werden mufs. — Bisweilen ist durch den Zutritt der Luft der Platindeckel mit einem Hauche von der metallischen Säure beschlagen, namentlich mit Zinnoxyd, wenn zinnsaure Verbindungen untersucht werden. Man bestreut in diesem Falle bei dem folgenden Glühen den Deckel mit etwas von dem ammoniakalischen Salze.

Ich will hier einige Versuche beschreiben, welche Hr. Weber angestellt hat.

0,609 Grm. geglühtes *arseniksaures Natron* ($2\dot{Na} + \overset{.....}{As}$) gaben bei einmaliger Behandlung mit der fünffachen Menge von Salmiak 0,455 Grm. Chlornatrium. Das Gewicht desselben blieb das nämliche, als die Behandlung mit Chlorammonium wiederholt wurde. Die Menge des Chlorna-

triums entspricht 35,46 Proc. Natron im Salze. Die berechnete Menge desselben ist 35,18 Proc.

1,048 Grm. *antimonsaures Natron* ($\dot{Na} + \overset{.....}{Sb} + 7\dot{H}$), dessen Natrongehalt nach Frémy's Analyse 11,9 Proc. beträgt, gab nach fünfmaligem Glühen mit Salmiak ein sich nicht mehr veränderndes Gewicht von 0,249 Grm. Chlornatrium, was 12,58 Proc. Natron im Salze entspricht. Das Salz war lange bei einer Temperatur von 100° getrocknet worden. Es ist möglich, dafs es dadurch etwas vom Krystallwasser verloren haben konnte.

Zinnsaures Kali. — Das Salz war durch Alkohol aus der Auflösung des Zinnoxyds in Kalihydratlösung gefällt und mit Alkohol ausgewaschen, darauf in Wasser gelöst und abgedampft worden. Es bildete nach dem Trocknen unter der Luftpumpe über Schwefelsäure eine gummiartige Masse, die sich leicht wieder in Wasser löste. Es enthielt das Zinnoxyd *b*. Zufolge einer Untersuchung nach bekannten Methoden war das bei 100° getrocknete Salz im Hundert zusammengesetzt aus:

		Sauerstoff.
87,34	Zinnoxyd	18,67
8,02	Kali	1,35
4,64	Wasser	4,11
100,00.		

Hiernach wäre die Zusammensetzung des Salzes $\dot{K} + 7\ddot{Sn} + 3\dot{H}$. Nach Frémy ist das saure metazinnsaure Kali $\dot{K} + 6\ddot{Sn} + 5\dot{H}$. Es ist möglich, dafs das von mir dargestellte Salz etwas von einem noch saureren Salze eingemengt enthielt.

Von demselben Salze, welches zu der oben angeführten Analyse benutzt worden war, wurden 1,013 Grm. mit der fünffachen Menge von Chlorammonium gemengt und geglüht. Diefs wurde noch zwei Mal mit geringeren Mengen von Chlorammonium wiederholt, worauf das Gewicht des Rückstandes sich nicht mehr veränderte. Es wurden

0,131

0,131 Grm. Chlorkalium erhalten, die 8,09 Proc. Kali im Salze entsprechen.

Sämmtliche erhaltenen Chlormetalle lösten sich vollständig im Wasser, und zeigten bei der Prüfung keine Spur von den metallischen Säuren.

Die Anwendung des Chlorammoniums in der analytischen Chemie beschränkt sich aber nicht auf die angeführten Verbindungen; sie ist einer bedeutenden Ausdehnung fähig, wie ich diefs in einer späteren Abhandlung zeigen werde.

IX. *Ueber die Zusammensetzung des Meteorsteins von Juvenas, und seinen Gehalt an Phosphorsäure und Titansäure;*
von C. Rammelsberg.

In einer Abhandlung »*Report on Meteorites, by Ch. U. Shepard*«, welche im 2. Bande vom *American Journal of Science and Arts* (*II. Series*), *p.* 377, kürzlich erschienen ist, sind die in den Meteormassen vorkommenden Mineralien sämmtlich aufgeführt, und unter ihnen auch der *Anorthit*, als krystallisirt und derb vorkommend in dem Meteorstein von Juvenas; es ist aber nicht gesagt, ob dieses neue Resultat aus einer besonderen Untersuchung sich ergeben habe, oder ob es lediglich eine subjective Ansicht seines Urhebers sey.

Von dem am 13. Juni 1821 zu Juvenas im Departement der Ardèche gefallenen Meteorstein besitzen wir zwei chemische Untersuchungen, eine von Vauquelin und eine von Laugier [1]). Beide zerlegten ihn nach der früher allgemein üblichen Methode als Ganzes, und fanden:

1) *Ann. de chim. et de phys.*, *XVIII*, *p.* 421; *XIX*, *p.* 264. Gilbert's Ann., Bd. 71, S. 201, 203, und auch Schweigger's Journ. Bd. 35, S. 80, 414.

	Vauquelin.		Laugier.
Kieselsäure	40,0		40,0
Thonerde	13,4		10,4
Eisen und Mangan	27,0	Eisenoxyd	23,5
		Manganoxyd	6,5
Kalkerde	8,0 (Kalkerde und Talkerde)		9,2
Talkerde			0,8
Kali	11,6 (Kali, Kupfer, Chrom, Schwefel)		0,2
Kupfer			0,1
Chrom			1,0
Schwefel			0,5
			92,2.

Beide Analysen verdienen hiernach wohl kein großes Vertrauen, und Laugier sah sich selbst außer Stande, den fast 8 Proc. betragenden Verlust genügend zu erklären.

Sehr wichtig dagegen ist die *mineralogische* Untersuchung dieses Meteorsteins durch G. Rose [1]) geworden, welche allen späteren ähnlichen Arbeiten zum Muster gedient hat.

G. Rose bewies, daß der braunschwarze krystallisirte und körnige Gemengtheil des Steins *Augit* sey, indem er die Form der Krystalle genau bestimmte, so wie die übrigen physikalischen Charaktere und das Löthrohrverhalten angab. Schwieriger war die Natur des *weißen* feldspathartigen Bestandtheils zu ermitteln, dessen Krystalle für Messungen zu klein sind. Haüy und Laugier hatten ihn für Feldspath erklärt, wogegen aber die viel zu klein gefundene Menge des Kalis, vor allem aber die Zwillingsbildung dieser Substanz sprach, wobei die Blätterdurchgänge einspringende Winkel bilden. Hiernach konnte sie Albit, Labrador oder Anorthit seyn. G. Rose schloß, daß sie nicht Anorthit seyn könne, aus der Angabe von Laugier, daß der Stein von Säuren nur schwierig angegriffen werde, während Anorthit davon ziemlich leicht zersetzt wird [2]).

1) Poggendorff's Annalen, Bd. IV, S. 173.

2) Laugier bemerkt, daß Säuren etwa *ein Drittel* des Steins auflösen, und dabei bloß einen Theil des Eisens, der Thonerde und Kalkerde ausziehen.

Albit liefs sich wegen fehlenden Natrons nicht vermuthen; da aber der bedeutende Verlust bei Laugier's Analyse diesen Umstand zweifelhaft machte, so zersetzte G. Rose eine Probe des Meteorsteins durch Fluorwasserstoffsäure, und fand dabei kein Kali, in der That aber Natron, jedoch nur 0,6 Proc. Hiernach wurde es sehr wahrscheinlich, dafs die Substanz *Labrador* sey, womit seine Form und sein Löthrohrverhalten auch im Allgemeinen übereinstimmen.

Aufserdem fanden sich *gelbe Blättchen*, deren Natur sich nicht bestimmen liefs, und ein metallisches Fossil, von röthlichgrauer Farbe, zuweilen krystallisirt, gewöhnlich in Körnern. G. Rose hat gezeigt, dafs dasselbe *Magnetkies* ist, hat seine Form genau bestimmt, so wie sein Löthrohrverhalten, welches ganz und gar das dieses Minerals ist.

In Folge der oben angeführten Bemerkung Shepard's, dafs der feldspathartige Gemengtheil dennoch Anorthit sey, veranlafste mich G. Rose zu einer chemischen Analyse des Steins von Juvenas, wozu er mir die bei der früheren Untersuchung abgefallenen Bruchstücke von demselben Exemplar mittheilte, den Hr. A. von Humboldt ihm für jene übergeben hatte. Das Resultat ist nun allerdings zu Gunsten der Ansicht von Shepard ausgefallen, und liefert noch einige vielleicht nicht ganz uninteressante Details.

Das feine Pulver des Steins wurde mit mäfsig starker Chlorwasserstoffsäure digerirt, die Auflösung für sich untersucht, der Rückstand durch Kochen mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron von der Kieselsäure des zersetzten Antheils getrennt, und der Rest endlich theils durch Schmelzen mit kohlensaurem Alkali, theils mit Fluorwasserstoffsäure analysirt. Dabei fand sich, dafs die Thonerde des durch die Säure zersetzten Theils ein wenig *Phosphorsäure* enthielt, deren Menge durch zwei Versuche nach verschiedenen Methoden bestimmt wurde, und die hierdurch zum ersten Mal als Bestandtheil der Meteorsteine festgestellt wird, in denen sie vielleicht als Apatit enthalten ist.

Als eine Probe des Steins mit saurem schwefelsauren

Kali geschmolzen, und die Masse mit Wasser ausgezogen war, setzte die Flüssigkeit beim Kochen einen geringen Niederschlag ab, der vor dem Löthrohr sich als *Titansäure* erwies, gleichfalls ein bisher nicht gekannter Bestandtheil von Meteorsteinen.

Durch besondere Versuche wurde der Gehalt von Schwefel und Chrom ermittelt.

100 Theile des Meteorsteins gaben:

A. Durch Säuren zersetzbaren Theil 36,77 Proc., und dieser bestand aus:

			Sauerstoff.
Kieselsäure	44,38		23,06
Thonerde	33,73	15,75	16,73
Eisenoxyd	3,29	0,98	
Kalkerde	18,07	5,14	5,59
Talkerde	0,36	0,14	
Natron	1,03	0,26	
Kali	0,33	0,05	
Phosphorsäure	0,54		
Schwefeleisen (Fe)	0,71		
	102,44.		

Die Sauerstoffmengen von $\dot{R}$, $\overset{...}{\bar{R}}$ und $\overset{...}{Si}$ verhalten sich hier $= 1 : 3 : 4$, d. h. genau so wie im Anorthit, und in der That hat dieses Mineral (vom Vesuv) nach der letzten Untersuchung von Abich sehr nahe kommende Zahlen ergeben, indem Derselbe fand:

Kieselsäure	44,12
Thonerde	35,12
Eisenoxyd	0,70
Kalkerde	19,02
Talkerde	0,56
Natron	0,17
Kali	0,25
	100,04.

B. Der von der Säure nicht zerlegte Antheil, 63,23 Proc. des Steins betragend, enthielt:

		Sauerstoff.	
Kieselsäure	52,07	27,16	27,27
Thonerde	0,24	0,11	
Eisenoxydul	30,81	6,91	12,57
Kalkerde	5,68	1,61	
Talkerde	9,98	3,95	
Natron	0,41	0,10	
Chromeisen ($\dot{F}e\,\dddot{C}r$)	2,13		
Titansäure	0,16		
	101,48.		

Mit Rücksicht darauf, dafs die Behandlung des Steins mit der Säure auch einen Angriff dieses Theils zur Folge gehabt und etwas von den Basen hinweggenommen habe, wird man nicht anstehen, in demselben die Zusammensetzung des *Augits* zu finden.

Nur des Vergleiches wegen möge hier auch die Zusammensetzung des Steins *im Ganzen* stehen, wie sie aus den vorliegenden Zahlen folgt:

	A.	*B.*	In Summa.
Kieselsäure	16,31	32,92	49,23
Thonerde	12,40	0,15	12,55
Eisenoxyd	1,21		1,21
Eisenoxydul		20,33	20,33
Eisen	0,16		0,16
Kalkerde	6,64	3,59	10,23
Talkerde	0,13	6,31	6,44
Natron	0,37	0,26	0,63 [1])
Kali	0,12		0,12
Phosphorsäure			0,28
Titansäure			0,10
Chromoxyd			0,24
Schwefel			0,09
			101,61.

1) Genau übereinstimmend mit G. Rose's Bestimmung.

Der Meteorstein von Juvenas besteht folglich aus Anorthit (etwa 36 Proc.), Augit (etwa 60 Proc.), Chromeisen (1,5 Proc.), Magnetkies ($\frac{1}{4}$ Proc.), und vielleicht kleinen Mengen von Apatit und Titanit [1]).

X. *Schlufs der Untersuchung des Braunauer Meteoreisens* [2]); *von N. W. Fischer.*

(Vorgelesen in der schles. Gesellsch. für vaterl. Kultur, d. 26. Jan. 1848.)

Durch ein abermaliges gütiges Geschenk des Hrn. Prälaten Rotter wurde ich in den Stand gesetzt, an 70 Grm. dieses Meteors zur Abscheidung der Blättchen zu verwenden, welche dadurch bewirkt wurde, dafs Salzsäure unter Mitwirkung der Wärme so lange auf die Masse einwirkte, als noch eine Luftentwicklung, mithin eine Auflösung stattfand. Dabei mufs, um diesen Körper, welchen die Wiener Naturforscher wohl mit Recht mit einem eigenen Namen, *Schreibersit*, belegten, ganz rein zu erhalten, die nöthige Menge Säure nicht auf einmal, sondern in einzelnen Antheilen angewandt werden; so dafs, wenn der erste Theil nicht mehr einwirkt, die Flüssigkeit abgegossen, ein zweiter Theil zu dem Ungelösten gesetzt wird, und so fort, bis der letzte Theil Säure, damit gekocht, nichts mehr auflöst. Wird diefs nicht beobachtet, so kann der ungelöste Rückstand mehr oder weniger von der Hauptmasse enthalten, von welcher sich einzelne Stückchen ablösen, die, von den Blättchen umhüllt, der Wirkung der Säure widerstehen, was besonders dann der Fall ist, wenn die Flüssigkeit eine gesättigte Auflösung des Eisens, Nickels u. s. w. enthält.

Der ungelöste Rückstand, den ich erhielt, bestand aus sehr dünnen, grauweifsen, sehr glänzenden und spröden

1) Indessen schmelzen die gelben Blättchen nach G. Rose vor dem Löthrohr zu einem schwarzen magnetischen Glase.

2) S. Annalen, Bd. 72, S. 475 und 575.

Blättchen — ein Paar derselben zeigten deutlich die Form einer länglichen rechtwinklichen Tafel — die sehr stark magnetisch sind, aus einem grauweifsen, glänzenden Pulver von gleicher Natur der Blättchen, und aus einem schwarzen, glanzlosen Pulver von ganz verschiedener Art, die unlöslichen Theile der Hauptmasse enthaltend. Zur Analyse mufsten nun die ersten von dem letzten getrennt werden, was nur sehr schwer durch Schlämmen bewirkt werden konnte, wobei ein nicht unbedeutender Theil des glänzenden Pulvers und auch der Blättchen mit weggeschlämmt wurde, so dafs mir, obgleich der Gesammtrückstand 1,3 Procent der Masse beträgt, nur 0,424 Grm. zur Untersuchung blieben, mit denen ich natürlich auch nur eine einzige Analyse vornehmen konnte.

Das Verfahren, welches ich dabei befolgte, war Folgendes. Diese 0,424 Grm. Blättchen und Pulver, mit 10 Grm. trocknen und salpetersauren Natrons sorgfältig zusammengerieben, wurden in einem Glaskölbchen allmälig bis zum Glühen erhitzt und eine halbe Stunde in dieser Hitze erhalten. Das Kölbchen war vermittelst eines Pfropfens mit einer Entbindungsröhre verbunden, welche in einer Mischung von Chlorcalcium und Ammoniak mündete. Die entwickelte Luft enthielt keine Kohlensäure. Die Salzmasse wurde mit Wasser gekocht, mit dem ungelöst gebliebenen auf ein Filter gebracht und dieses ausgesüfst. Das Filtrat mit salpetersaurer Kalkerde vermischt, bildet einen weifsen Niederschlag, der ausgesüfst, getrocknet und gewogen, in Salpetersäure aufgelöst, wobei die Entwicklung von Kohlensäure stattfand, in einem verschlossenen Gefäfse mit Aetzammoniak vermischt wurde. Der dabei entstehende Niederschlag ausgesüfst u. s. w., und dessen Gewicht von dem früheren, vor Einwirkung der Salpetersäure abgezogen, gab das der kohlensauren Kalkerde indirect an, aus dem der Kohlenstoffgehalt berechnet wurde.

Dieser durch Ammoniak gebildete Niederschlag von Neuem in Salpetersäure aufgelöst, erzeugte, mit Salmiaklösung und Aetzammoniak vermischt, mit schwefelsaurer Mag-

nesia einen weifsen krystallinischen Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia.

Der im Wasser ungelöst gebliebene Rückstand wurde in Königswasser aufgelöst, und die heifse Auflösung in geringen Mengen zu kochendem Aetzammoniak zugesetzt. Das Gewicht des dadurch gefällten Eisenoxyds — frei von Nikkeloxyd — nach dem Aussüfsen u. s. w. gab den Gehalt an Eisen, nach Abzug der geringen Menge Kieselerde, welche beim Auflösen in Salzsäure, Verdampfen zur Trockne und Wiederauflösen in Wasser geblieben war.

Aus dem ammoniakalischen Filtrat, mit Salpetersäure neutralisirt, fällte kaustisches Kali das Nickeloxyd, und aus dem Filtrat von diesem, mit Salpetersäure neutralisirt, salpetersaures Silberoxyd, chromsaures Silberoxyd, und endlich aus dem Filtrat hiervon, nach Zusatz von Salmiak (wodurch zugleich das Silber der überschüssig angewandten Auflösung als Chlorsilber abgeschieden und auf ein Filter gebracht worden war) und Aetzammoniak, schwefelsaure Magnesia, phosphorsaure Ammoniak-Magnesia nieder, welche mit dem oben Erhaltenen zusammengenommen geglüht und aus dem Gewicht derselben der Phosphor berechnet wurde, wie aus dem geglühten Nickeloxyd das Nickel und aus dem chromsauren Silberoxyd das Chrom.

Nach diesem besteht dieser Körper im 100 aus:

Eisen	56,430
Nickel	25,015
Phosphor	11,722
Chrom	2,850
Kohlenstoff	1,156
Kieselsäure	0,985
	98,158.

Die Hauptergebnisse dieser Untersuchung des Braunauer Meteoreisens sind nun folgende.

Es besteht, wie alle andere dieser Art, welche umständlich untersucht worden sind, aus drei specifisch verschiedenen Körpern.

1) Der bei weitem überwiegende, an 95 bis 98 Proc. der Masse, besteht aus Eisen (vorwaltend), Nickel und Kobalt, mit geringen Mengen verschiedener Stoffe, wie Chlor, Calcium, Magnium u. s. w. Schwefel und Chrom, die wir, Duflos und ich, ebenfalls gefunden haben, scheinen wohl nicht dieser Hauptmasse, sondern den beiden andern Körpern anzugehören. Das Verhältnifs dieser drei Hauptbestandtheile scheint wohl kein constantes zu seyn, da bei den vielen Untersuchungen so vieler Meteore es nicht zwei giebt, die ein übereinstimmendes Resultat geben. Vielmehr ist dieses so abweichend, dafs der Eisengehalt von 66,56 (in dem von Clairborne nach Jackson) bis zu 93,78 (in dem von Bohumiliz nach Berzelius) und der Nickelgehalt von 5,5 (in dem von Brahlin nach Laugier) bis zu 24,71 (von Clairborne) gefunden worden ist.

2) Der an vielen Stellen in gröfseren und kleineren Stükken in der Hauptmasse eingewachsene Körper [1]) ist eine vollkommene chemische Verbindung, Einfach-Schwefeleisen und Nickel, daher er sich in Salzsäure bei gewöhnlicher Temperatur unter Entwicklung von reinem Schwefelwasserstoffgas, ohne Abscheidung von Schwefel, bis auf einen kleinen Rückstand von ungefähr ein Procent auflöst, der Chrom-Kohlenstoff und Kieselerde enthält.

3) Der dritte Körper stellt sich als diese Blättchen, Flitterchen oder Schüppchen dar, und ist gewifs in allen Meteoreisen enthalten, ob er gleich bis jetzt nur aus einigen dargestellt worden ist. Im Gegensatz des

1) In weit gröfseren Stücken als in dem Braunauer ist dieser Körper in dem unlängst in Seelaesgen aufgefundenen Meteoreisen enthalten. In diesem bildet er an vielen Stellen Adern, die ununterbrochen von einem Ende zum andern die Masse durchlaufen; auch zeigt dieser ein etwas verschiedenes Verhalten zur Salzsäure, welche zuerst nur Eisenoxyd ohne alle Luftentwicklung auflöst, und erst später die Zersetzung des Schwefeleisens bewirkt.

zweiten kommt dieser nicht an einzelnen Stellen und in gröfseren oder kleineren Stücken vereint vor, sondern ist überall in der Masse vertheilt, und ist der Grund der Widmannstädt'schen Figuren, wie schon Berzelius bemerkt hat. Die wenigen Analysen, die wir von diesem Körper haben, geben übereinstimmend als die wesentlichsten Bestandtheile desselben Eisen, Nickel und Phosphor, das erste als bei weitem vorwaltend, an. Das Verhältnifs derselben wird zwar auch hier als verschieden aufgestellt; so z. B. der Eisengehalt in dem aus dem Pallas'schen Eisen, nach Berzelius, zu 48,67, und in dem unlängst von Patera untersuchten aus dem Arvaer Meteor zu 87,2 in 100. Doch ist diese Abweichung in den beiden ebenfalls von Berzelius untersuchten Körpern des Bohumilizer und Ellbogener Meteoreisens sehr unbedeutend (der erste besteht aus 65,987 Eisen, 15,008 Nickel und 14,023 Phosphor; der zweite aus 68,11 Eisen, 17,72 Nickel mit Magnesium und 14,17 Phosphor); so dafs man wohl zu der Annahme berechtigt seyn dürfte, dieser Körper sey ebenfalls wie der zweite, was die drei Hauptbestandtheile betrifft, in bestimmten Proportionen zusammengesetzt, vorausgesetzt, dafs er rein von den andern beiden Körpern dargestellt werde.

Diese drei Körper sind mehr oder weniger vollkommen krystallisirt, wie dieses von der Hauptmasse Haidinger dargethan hat, was auch leicht beim Bruch wahrzunehmen ist. Bei dem Schwefeleisen konnte ich an einem Korn von dem Seelaesgener Meteor deutlich zwei Krystallflächen unterscheiden, und eben so bei einem Paar Blättchen, wie angegeben, eine regelmäfsige Tafelgestalt. Endlich sind alle drei magnetisch; die Hauptmasse und die Blättchen nur retractorisch, die letzteren in höherem Grade als das Eisen; das Schwefeleisen hingegen zugleich attractorisch.

XI. *Ueber die Krystallform des Kreatins im Vergleich mit der des Kreatinins; von W. Heintz.*

(Vorgetragen in der Sitzung der physikalischen Gasellschaft zu Berlin, vom 7. Januar 1848.)

Die Krystalle des Kreatins gehören zum monoklinoëdrischen [1]) Systeme. Die Flächen, welche man an ihnen bemerkt, sind 1) die basische Endfläche *oP*, 2) das Prisma ∞*P*, und 3) die klinodiagonale Endfläche ∞*P*∞. Die Orthodiagonale ist kleiner als die Klinodiagonale.

Den Winkel, welchen die Hauptaxe mit der Klinodiagonale bildet, glaubte ich anfangs nicht mittelst des Reflexionsgoniometers messen zu können, weil ich die Krystalle dazu für nicht hinreichend grofs und ihre Flächen für nicht hinreichend spiegelnd hielt. Aber es glückte mir, ihn ziemlich genau zu bestimmen, indem ich mich der neuerlich wieder durch Schmidt [2]) angeregten Methode, die Winkel kleiner Krystalle unter dem Mikroskope zu messen, bediente.

Aber auch hiebei begegnete ich einigen Schwierigkeiten. Da nämlich die Fläche des klinodiagonalen Hauptschnittes (∞*P*∞) an den Krystallen des Kreatins nicht vorkommt, oder, wenn sie vorkommen sollte (ich habe sie nie gesehen), doch sehr wenig ausgebildet ist, so kann man sie nicht einfach auf diese Fläche legen, um den Neigungswinkel der beiden schiefen Axen zu bestimmen.

Man mufs daher versuchen, die Orthodiagonale auf eine andere Weise senkrecht auf das Objectgläschen zu stellen.

Wenn nun auch die Orthodiagonale in den Kreatinkrystallen kleiner ist, als die Klinodiagonale, so ist doch,

1) Ich bediene mich der Naumann'schen Bezeichnungsweise, um die Vergleichung meiner Angaben über die Form des Kreatins mit denen Liebig's über die des Kreatinins zu erleichtern.

2) Entwurf einer allgemeinen Untersuchungsmethode der Säfte und Excrete des thierischen Organismus; von C. Schmidt. Mitau und Leipz. 1846.

da die Flächen $\infty P \infty$ sehr ausgebildet sind, andererseits aber die Entfernung der Flächen $o P$ von einander sehr gering ist, die Ausdehnung derselben nach der Orthodiagonale die gröfseste. Es gelang mir daher leicht auf die Weise eine senkrechte Stellung der Krystalle zu erzielen, indem ich sie mittelst etwas Wachs auf einem Objectgläschen befestigte, und ihnen nun eine solche Stellung zu geben suchte, dafs die längsten Kanten der Krystalle mit dem Spiegelbilde derselben in dem Objectgläschen eine gerade Linie bildeten, mochte man dieselben von einer Seite ansehen von welcher man wollte. Da diese Kanten der Orthodiagonale parallel sind, so mufste hiedurch auch diese senkrecht aufgestellt seyn.

Bei Messung des Winkels selbst traf ich noch auf eine zweite Schwierigkeit. Ist der Krystall nämlich so aufgestellt, so kehrt er dem Objectiv des Mikroskops nicht eine horizontale Fläche, sondern zwei unter einem ziemlich stumpfen Winkel geneigte Flächen zu. Von den Kanten, die sie bilden, sind drei parallel und horizontal; die vier Kanten, welche diese schneiden, neigen sich dagegen zur horizontalen Ebene unter einem spitzen Winkel.

Diese Kanten kann man daher nicht dem Ocularfaden des Mikroskops mit Sicherheit parallel stellen, weil man bei einer gewissen Stellung desselben von ihnen nur einen kleinen Theil deutlich sieht.

Ich stellte daher das Mikroskop so ein, dafs die eine von den Flächen ∞P und $\infty P \infty$ gebildete Kante scharf gesehen werden konnte. Dann war auf jeder der beiden Kanten, welche die eine Fläche $o P$ mit den Flächen ∞P bildet, eine Stelle deutlich sichtbar, und der Ocularfaden des Mikroskops konnte daher nicht allein der in ihrer ganzen Länge deutlich sichtbaren Kante, sondern auch der Verbindungslinie dieser beiden Stellen, welche nothwendigerweise horizontal ist, parallel gestellt werden.

So fand ich den Neigungswinkel der beiden schiefen Axen der Kreatinkrystalle im Mittel von zehn, höchstens um 40′ differirenden Messungen gleich 70° 20′.

Die Krystalle des Kreatinins gehören, wie schon Kopp [1]) nachgewiesen hat, gleichfalls dem monoklinoëdrischen Systeme an, und man findet an ihnen dieselben Flächen ausgebildet, wie an denen des Kreatins.

An einigen Krystallen desselben habe ich jedoch noch eine Fläche zu beobachten Gelegenheit gehabt, welche zu den Flächen ∞P und $\infty P \infty$ unter demselben Winkel geneigt ist, wie die Fläche oP. Man könnte daraus schliefsen, dafs sie nicht zum monoklinoëdrischen, sondern zum rhombischen Systeme gehören. Allein, da die Krystalle, an denen ich diese Flächen bemerken konnte, stets nur an diesem Ende gut ausgebildet waren, so kann man sie auch für Zwillingsformen halten. Wegen der im Uebrigen so grofsen Uebereinstimmung der Krystallform des Kreatins, an welchem ich diese Flächen nicht habe auffinden können, mit der des Kreatinins halte ich diese Annahme für die wahrscheinlichere.

Nach Kopp's Messung beträgt der Neigungswinkel der schiefen Axen der Krystalle des Kreatinins 69° 24′, also differirt derselbe nicht um einen vollen Grad von dem analogen Winkel beim Kreatin. Man darf sie daher wohl zu demselben Krystallsysteme rechnen.

Um aber die Form der Kreatinkrystalle vollständig zu bestimmen, bedarf man noch des Neigungswinkels der Flächen ∞P, und in diesem findet sich die Verschiedenheit ihrer Form von der des Kreatinins ausgesprochen.

Ihn direct genau zu messen, hielt ich anfänglich für unmöglich. Statt dessen mafs ich den ebenen Winkel, unter welchem die durch die Flächen oP und $\infty P \infty$ einerseits, und oP und ∞P andererseits gebildeten Kanten geneigt sind. Im Mittel von zwanzig Messungen, welche nur um 20′ von einander differirten, fand ich für diesen Winkel gleich 112° 15′.

Hieraus folgt, dafs der ebene Winkel der Basis, welchen, die Kanten der Flächen ∞P bilden, gleich 135° 30′ ist. Da nun der Neigungswinkel der schiefen Axen be-

1) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 62, S. 300.

kannt ist, so läfst sich der Neigungswinkel der Flächen ∞P nach der Formel

$$tang\ \tfrac{1}{2}x = tang\ \tfrac{1}{2}\alpha \,.\, sin\ n\ (\alpha = 135^\circ\ 30'\ ;\ n = 70^\circ\ 20')$$

leicht berechnen. Er ist 133° 2′.

Nach den Messungen, welche Kopp ausgeführt hat, beträgt der entsprechende Winkel des Kreatinins 98° 20′. Hierin liegt also der bedeutendste Unterschied zwischen den Krystallen des Kreatins und Kreatinins.

Allein auch diese Abweichung der Form läfst sich auf einfache Verhältnisse zurückführen. Die Tangenten der halben Winkel 66° 31′ und 49° 10′ sind nämlich gleich 2,3017 und 1,1571. Sie verhalten sich zu einander fast genau wie 2 : 1. Hieraus folgt das Gesetz, dafs *bei gleicher Orthodiagonale in den Kreatin- und Kreatininkrystallen die Klinodiagonale der ersteren sich zu der der letzteren wie* 2 : 1 verhält. Das Verhältnifs der Länge dieser Axe und der Hauptaxe läfst sich nicht bestimmen, da aufser der schiefen Endfläche keine Fläche vorkommt, welche letztere durchschneidet.

Um mich aber von der Richtigkeit dieses Satzes zu überzeugen, habe ich mich bemüht, die Messungen, welche ich unter dem Mikroskope ausgeführt habe, noch anderweit und wo möglich mittelst des Reflexionsgoniometers zu prüfen. Anfangs wollte es mir nicht glücken, den Neigungswinkel der Flächen oP und $\infty P \infty$ auf diesem Wege genau zu bestimmen, weil die eine dieser Flächen ($\infty P \infty$) zu schwach spiegelte, als dafs es gelingen konnte, die Axe des Krystalls genau parallel der Axe des Instruments einzustellen. Bei mehreren Messungen solcher Krystalle, welche annähernde Einstellung erlaubten, fand ich den genannten Winkel gleich 70° 25′, 70° 43′, 70° 55′, 70° 57′.

Unter einer grofsen Auswahl von Kreatinkrystallen fand ich endlich einen, welcher alle Eigenschaften in sich verband, um sichere Messungen zu gestatten. Die Flächen, deren Neigungswinkel gemessen werden sollte, waren wenigstens so weit spiegelnd, dafs, wenn auch mit Mühe, doch sicher eine genaue Einstellung des Krystalls möglich war.

Der gesuchte Winkel betrug 71° 5′, und ich halte diese Zahl für die allein richtige.

Nach dieser Messung scheint es, als wiche der Winkel der schiefen Axen des Kreatins von dem des Kreatinins zu weit ab, als dafs man sie zu demselben System rechnen dürfte. Deshalb schien es mir von Wichtigkeit, die Winkel am Kreatinin mittelst des Reflexionsgoniometers nachzumessen. Ich fand den Winkel, welchen die Flächen ∞P mit einander bilden, genau wie Kopp, gleich 98° 20′, bei einigen Messungen nur 2 bis 3 Minuten mehr.

Der Neigungswinkel der Flächen oP und $\infty P \infty$ aber, den ich jedoch nur an einem Krystall wegen mangelhafter Spiegelung der Flächen genau habe messen können, war gleich 69° 57′, also dem entsprechenden Winkel am Kreatin schon weit näher, als nach Kopp's Messung. Ich glaube aber, dafs er noch gröfser ist, weil die Flächen $\infty P \infty$ nicht genau parallel waren, sondern sich keilförmig gegen einander neigten, und ich den fraglichen Winkel nur an dem Ende des Krystalls habe messen können, wo sie am weitesten von einander abstanden.

Deshalb suchte ich ihn noch auf eine andere Weise zu bestimmen. Da nämlich der Winkel, welchen die Säulenflächen mit einander bilden, sehr genau hat gemessen werden können, so war es nur nöthig den Neigungswinkel der Flächen ∞P und oP zu bestimmen, um daraus den von den schiefen Axen gebildeten Winkel zu berechnen. Im Mittel mehrerer Messungen verschiedener Krystalle, die nur um wenige Minuten differirten, fand ich ihn gleich 102° 36′. Nach der Formel $\cos x = \frac{\cos a}{\cos \frac{1}{2} b}$ ($a = 102° 36'$; $b = 98° 20'$) ergiebt sich die Gröfse des Neigungswinkels der schiefen Axen zu 70° 30′. Diefs ist wieder dem entsprechenden Winkel des Kreatins so nahe, dafs man wohl berechtigt ist, anzunehmen, dafs wirklich die Krystalle dieser beiden Körper zu genau demselben Systeme gehören.

Da es mir anfänglich nicht gelingen wollte, den von den Flächen ∞P gebildeten Winkel am Kreatin mittelst des

Reflexionsgoniometers zu messen, so controlirte ich den nach meinen mikroskopischen Messungen berechneten Werth desselben auf die Weise, dafs ich den ebenen Winkel, welchen die Kanten der Flächen ∞P in der Ebene der Fläche oP bilden, mit der gröfsten Sorgfalt mafs. Im Mittel von acht Messungen, bei welchen die höchste Differenz nur 10′ betrug, fand ich ihn gleich 135° 25′, also nur um fünf Minuten von dem Mittel der früheren Messungen abweichend. Berechnet man nun nach diesen neuen Messungen den Winkel, unter welchem die Flächen ∞P zu einander geneigt sind, so findet man mit Hülfe der Formel $tang\ \frac{1}{2}x = tang\ \frac{1}{2}\alpha\ sin\ n\ (\alpha = 135^\circ\, 25' \ ;\ n = 71^\circ\, 5')$ 133° 8′.

Es ist mir gelungen, die Genauigkeit dieser Bestimmung trotz der Kleinheit der Flächen, welche diesen Winkel bilden, durch eine genaue directe Messung mittelst des Reflexionsgoniometers zu bestätigen. Diese ergab nämlich für den fraglichen Winkel 133° 10′.

Die Tangente des halben Winkels (66° 35′) ist gleich 2,3090. Also auch nach diesen Messungen verhalten sich die Tangenten der halben Neigungswinkel der Flächen ∞P in den Kreatin- und Kreatininkrystallen wie 2 : 1 (genau wie 2,3090 ; 1,1571).

Die Krystalle des Kreatins verhalten sich also zu denen des Kreatinins, wie die des Augits zu denen der Hornblende. Diese gehören auch zum monoklinoëdrischen Systeme; die Neigungswinkel ihrer schiefen Axe sind nach genauen Messungen ziemlich gleich, und ihre Klinodiagonalen verhalten sich bei gleicher Orthodiagonale wie 2 : 1.

Vergleicht man die chemische Zusammensetzung dieser Körper, so findet man gleichfalls eine Aehnlichkeit eigenthümlicher Art. Wie man nämlich die Hornblende als durch Vereinigung des Augits mit einer Verbindung von der Formel $\dddot{Si}\,\dot{R}$ oder mit einer gewissen Quantität Kieselsäure entstanden denken kann, so ist das Kreatin als Kreatinin zu betrachten, zu welchem noch vier Atome Wasser hinzugetreten sind. Indem zum Augit jene Verbindung hinzutritt, verdoppelt sich die Länge der Orthodiagonale, während die Kli-

Klinodiagonale dieselbe bleibt. Umgekehrt ist es beim Kreatin und Kreatinin. Indem sich mit diesem vier Atome Wasser vereinigen, vergröfsert sich die Klinodiagonale um ihre eigene Länge, während die Orthodiagonale sich nicht verändert.

Es geht hieraus hervor, dafs es Körper giebt, welche sich, indem ein anderer Atomencomplex sich mit ihnen vereinigt, in ihrer Krystallform allein dadurch verändern, dafs die eine Axe um ihre eigene Länge verlängert wird.

Es wäre höchst wichtig, wenn es gelänge, noch mehr Beispiele hiefür aufzufinden, und dadurch den ausgesprochenen Satz zu einer gröfseren Allgemeinheit zu erheben.

XII. *Ueber die Krystallform des Rhombenglimmers; von G. A. Kenngott in Breslau.*

An einem Glimmerkrystall von Monroe in New-York, von dunkel schwärzlichgrüner Farbe, versuchte ich, da einzelne Kanten desselben verhältnifsmäfsig gut ausgebildet waren, die Winkel mit Hülfe des Handgoniometers zu bestimmen. Der Krystall, Taf. II, Fig. 15, ist von ziemlicher Gröfse, und stellt ein sogenanntes klinorhombisches Prisma mit der auf die schärferen Prismenkanten gerade aufgesetzten schiefen Endfläche dar, oder wenn man diese Formen als rhombische betrachtet, ein verticales rhombisches Prisma ∞O, mit den Flächen eines brachydiagonalen Hemiprisma $\frac{O\breve{\infty}}{2}$. Die Prismenflächen sind im Verhältnifs gegen die Flächen des Hemiprisma von geringer Dimension, wodurch der Krystall tafelartig erscheint, und aufserdem ungleich grofs, so dafs der Krystall die in der Figur angegebene Gestalt hat. Was die Gröfse des Krystalls betrifft, so betragen die kürzeren Seiten der Fläche *P* gegen zwei Zoll, die längeren ungefähr drei Zoll, die Dicke der T[illegible]

etwa ein Drittelzoll. Die Flächen *M* sind wohl erhalten und wenig glänzend, die Flächen *P*, parallel welchen der vollkommene Blätterdurchgang stattfindet, glatt und glänzend. An einzelnen Stellen ist der Krystall verletzt und die Flächen uneben, die stumpfen Kanten des Prisma sind vorhanden, besonders die eine zum Messen geeignet; die scharfen Seitenkanten sind weggebrochen, wie es durch die Punkte angegeben ist. Das Resultat der oft wiederholten und möglichst sorgfältigen Messungen ist folgendes: Die Fläche *P* ist gegen die Flächen *M* unter einem Winkel von 109¼° geneigt; die Flächen des Prisma dagegen bilden nicht einen Winkel von nahe 120° oder wenig über 60°, sondern die meſsbare stumpfe Kante desselben ergab nur den Winkel von nahe 112°.

An einem Bruchstück eines Glimmerkrystalls von Langenbielau in Schlesien lieſs sich der Neigungswinkel von *P* zu *M* auch auf ungefähr 109° bestimmen [1]).

XIII. *Ueber die Blätterdurchgänge des Quarzes; von G. A. Kenngott.*

Da ich gerade eine hinlängliche Anzahl einzelner Krystalle des wasserhellen edlen Glasquarzes besaſs, beschloſs ich dieselben zum Theil zur Bestimmung der Blätterdurchgänge dieses Minerals zu verwenden. Die angewandten

1) Bei dieser Beschreibung hätte wohl auf die Beschreibung der ebenfalls schwärzlichgrünen Glimmerkrystalle von New-Yersey durch v. Kobell (Kastner's Archiv, Bd. 10, S. 291) Rücksicht genommen werden sollen. Hiernach sind die Krystalle nicht 2- und 1-gliedrig, sondern 1- und 1-gliedrig; die beiden Seitenflächen des rhomboëdrischen Prisma *T* und *M* bilden nicht einen Winkel von nahe 112°, sondern von 106° 19′, und die schiefe Endfläche *P* ist wohl auf die scharfe Seitenkante, aber schief aufgesetzt, indem sie mit *T* einen Winkel von 110° bildet, der mit dem von Hrn. Kenngott angegebenen von 109¼° nahe überein stimmt, aber mit *M* unter einem Winkel von 118° geneigt ist. P.

Exemplare waren aus der Schweiz, aus Tyrol und aus Schlesien von verschiedenen Fundorten, und stellten die Combination des hexagonalen Prisma der Hauptreihe ∞D mit der Grundform, dem Dihexaëder D (von 133° 44′ Endkantenwinkel) dar. Die Prismen- und die Dihexaëderflächen waren auf mannigfache Weise ungleich ausgedehnt, wie man an den meisten Bergkrystallen zu sehen gewohnt ist. Durch Zerschlagen und Zerbrechen der Krystalle war es nicht möglich, irgend eine Spur von Blätterdurchgang sichtbar zu machen, sondern sie zeigten vollkommenen muschligen Bruch; ich wandte daher das bekannte Verfahren des Glühens an.

Die Krystalle, allmälig in der Weingeistflamme erhitzt, bekamen bald Risse und Sprünge, und dieselben waren theils unregelmäfsig, theils zeigten sie eine bestimmte Richtung, und durchkreuzten einander unter bestimmten Winkeln, so dafs auf den Prismenflächen die Sprünge der sich kreuzenden Linien *ab* (Taf. II, Fig. 16) zeigten, welche den Combinationskanten der Flächen *P* und *M* parallel gehen, wenn die Dihexaëderflächen in ihrer ungleichen Ausdehnung mit den seitwärts liegenden Prismenflächen Combinationskanten bilden. Diese Sprünge waren auf allen Prismenflächen und in ihrer Fortsetzung auf den Dihexaëderflächen zu sehen, Taf. II, Fig. 16. Je stärker die Krystalle erhitzt wurden, um so gröfser wurde die Anzahl der Sprünge, welche oft mit solcher Heftigkeit entstanden, dafs einzelne Stücke der Krystalle fortgeschleudert wurden. Auf diese Weise erhitzt oder langsam erkaltet, liefsen sich die Krystalle leicht zerbrechen und zerbröckeln, und zeigten gröfstentheils Blätterdurchgänge parallel einzelner Dihexaëderflächen, ohne jedoch in ihrer Unvollzähligkeit auf Hemiëdrie hinzudeuten. Bezeichnet man die sechs Dihexaëderflächen des einen Endes mit den aufeinanderfolgenden Zahlen 1 bis 6, so erhielt ich die Blätterdurchgänge auf die verschiedenste Weise, meist zweien oder dreien Dihexaëderflächen parallel, wie z. B. den Flächen 1 und 2, 1 und 3, 1 und 4 (dieses besonders häufig), oder 1, 2 und 4. Eben so erhielt

ich oft zwei Durchgänge parallel den beiden Dihexaëderflächen, welche auf dieselbe Prismenfläche aufgesetzt sind. Die Schwierigkeit, mehrere Blätterdurchgänge zu erhalten, liegt in der zu grofsen Zerbrechlichkeit und den unregelmäfsigen Rissen.

Die Blätterdurchgänge zeigten desto ausgedehntere und ebenere Flächen, je weniger Sprünge entstanden waren, wie wenn ich die Krystalle im Anfang des Rissigwerden zerbrach oder eigentlich zerrifs, oder mit einem starken Messer spaltete. Wurden die Krystalle erhitzt und sofort in kaltes Wasser getaucht, so vermehrten sich die Sprünge, die Krystalle zerfielen in Stücke, und zeigten die Blätterdurchgänge oft sehr vollkommen parallel einzelner Dihexaëderflächen. Dabei blieben sie wasserhell, nur wurde die Durchsichtigkeit durch die vielen Risse gehindert, wodurch die gröfseren Stücke eine weifsliche Farbe erhielten. Dieselben Erscheinungen nahm ich wahr, wenn ich die Krystalle in Kohlenfeuer legte, so lange sie nicht zu stark erhitzt wurden. Geschah dieses bis zum Rothglühen, und wurden die Krystalle in diesem Zustande in kaltes Wasser geworfen, so wurden sie milchweifs und erhielten ein opalartiges Ansehen. Solche Krystalle zeigten keine Blätterdurchgänge durch Zerbrechen, nur bei vier unter einigen zwanzig ereignete es sich, dafs sie während des Eintauchens in kaltes Wasser zersprangen und an dem freigewordenen Ende einen rhomboëdrischen Blätterdurchgang zeigten, parallel den drei abwechselnden Dihexaëderflächen, wie die Fig. 17, Taf. II, angiebt. Eine fernere Theilung jedoch parallel diesen von selbst blofsgelegten Spaltungsflächen war nicht möglich, sondern die leicht zerbrechlichen Krystalle ergaben unregelmäfsige Bruchstücke mit muschlichem Bruche.

Schliefslich verdient noch eine eigenthümliche Erscheinung bemerkt zu werden, nämlich dafs manche Krystalle bis zum Rothglühen erhitzt und, in kaltes Wasser geworfen, ihrer ganzen Ausdehnung nach faserig wurden, und zwar so, dafs die einzelnen Fasern in der Hauptaxenlinie endeten und gleichmäfsig schief geneigt gegen dieselbe wa-

ren. Denkt man sich demnach einen Krystall längs der Hauptaxe getheilt, so ist das Ansehen des Inneren so, wie es die Fig. 18, Taf. II, zeigt, wobei der Glasglanz in Seidenglanz übergeht und die Farbe ein schönes Milchweiſs ist. Ist dagegen der Krystall senkrecht auf die Hauptaxe zerbrochen, so zeigt der eine Theil ein kegelförmiges Ende, der andere eine trichterförmige Vertiefung, und die Fasern gehen strahlenförmig von der Hauptaxe aus. Bisweilen sind auch die Fasern gleichmäſsig gebogen, in jedem Falle aber sind sie leicht trennbar.

XIV. *Ueber die Bestimmung specifischer Gewichte fester Körper; von G. Osann.*

Die in dem ersten Stück dieses Jahres von G. Rose veröffentlichte Untersuchung über specifische Gewichtsbestimmungen fester Körper hat mir eine frühere von mir angestellte Untersuchung über denselben Gegenstand wieder in's Gedächtniſs gerufen, von welcher ich Folgendes hier mittheilen will. Ich hatte bei meiner ersten Untersuchung des ural'schen Platin's das spec. Gewicht desselben untersucht, und war zu folgendem Resultat gelangt. S. d. Ann., Bd. 11, St. 2.

Thermometer, Centesimal.	Platinkörner, abs. Gew. in Gramm.	Eigengewicht.
+ 16°,5	70,0458	17,3716
16 ,4	60,0260	17,3741
16 ,0	50,0220	17,3957
16 ,0	40,1320	17,4161
15 ,5	30,1490	17,4645
15 ,5	20,0850	17,4736.

Vergleicht man diese Zahlen mit einander, so sieht man im Verhältniſs der Abnahme der absoluten Gewichte eine Zunahme der Eigengewichte, welche nicht zufällig seyn kann.

Später stellte ich eine Untersuchung mit Glasstücken an, und erhielt gerade das entgegengesetzte Resultat. (Kastner's Archiv, Bd. 2, Heft 1, S. 58.) So entsprach in der hierüber erhaltenen Reihenfolge einem absoluten Gewicht von 1,18 Grm. Glasstücken ein Eigengewicht von 2,3165, und 115,005 Glasstücken ein Eigengewicht von 2,4951; beide Bestimmungen gelten für die Temperatur von 18° C.

Wenn man bedenkt, dafs diese Bestimmungen in einem verschliefsbaren Gläschen angestellt wurden, so ist der Grund dieses Verhaltens leicht einzusehen, den ich auch schon früher angegeben habe. Man denke sich Wasser zwischen zwei Glasplatten, welche einen spitzen Winkel bilden. Da das Wasser elastisch ist und zugleich Adhäsion zum Glas hat, so mufs eine Verdichtung desselben an der Oberfläche des Glases und hauptsächlich in der Spitze des Glaswinkels stattfinden, da hier die Adhäsion von beiden Seiten auf dieselbe Wassermenge wirkt. Je mehr kleine Glasstücke in dem Gläschen sind, desto mehr mufs Wasser verdichtet werden, und desto gröfser wird die relative Menge des Wassers seyn, welche das Gläschen einschliefst. Je gröfser aber das Gewicht der Glasstücke mit dem des Wassers in dem eingeschlossenen Gläschen ist, desto kleiner wird der Divisor und desto gröfser der Quotient, welcher das Eigengewicht ausdrückt.

Gerade das Umgekehrte wird eintreten, wenn ein Körper angewendet wird, zu welchem das Wasser keine Adhäsion hat. Diefs ist der Fall bei den Platinkörnern, welche auf ihrer Oberfläche etwas Fettiges haben. Hier mufs dasselbe eintreten, was erfolgt, wenn Quecksilber zwischen zwei Glasplatten gebracht wird. Die äufserste Spitze des Winkels der Glasplatten wird nicht von der Flüssigkeit erfüllt werden. Dann wird das Gläschen in dem Verhältnifs, als eine gröfsere Menge Stücke des Körpers sich darin befinden, weniger Flüssigkeit aufnehmen, und der Quotient, welcher das Eigengewicht ausdrückt, mufs kleiner ausfallen.

Würzburg, den 15. Januar 1848.

XV. *Ueber den rothen Schneefall im Pusterthal; vom Prof. Dr. Meister in Freysing.*

Der rothe Schneefall im Pusterthale (Tyrol) am 31. März 1847 hat, wie zu erwarten, mehrfache Aufmerksamkeit gefunden, und ist mir, aufser der kürzeren Mittheilung in No. 315 der Augsb. allgem. Zeitung, nunmehr auch Ehrenberg's umfassender Bericht in Erdmann's Journal für pract. Chemie, 1847, III, S. 217 bis 233 [1]), zugekommen, der mir manche Ergänzung der früheren Notiz möglich machte. Da nun hierin schliefslich, S. 232, auch des gleichzeitigen Phänomens in Chambery gedacht wird, so hielt ich es nicht für unpassend, in gegenwärtiger Zeitschrift Freunden der Naturwissenschaften überhaupt und der Meteorologie insbesondere nachstehende Mittheilung zu machen.

Auch dahier ward am 31. März 1847 das in Rede stehende Phänomen beobachtet, und ich unterliefs nicht die mir zugekommenen Notizen in mein laufendes meteorologisches Journal einzutragen, da die Beobachtungen nicht von mir selbst gemacht, von glaubwürdigen Zeugen herrührten. Die erste Notiz hierüber kam mir am 5. April von zwei Beamten zu, welche am Mittag jenes Tages von ihren Amtsgeschäften heimkehrend von dem ziemlich dicht gefallenen Schnee kothartige Flecken auf ihren Kleidern vorfanden, wie solches auch etwas später Damen an Hüten und Schirmen beobachteten, und zwar wurde mir die Farbe als *rothbraun* angegeben. Gleicher Schmutz zeigte sich auch an den vom Schnee getroffenen Fenstern. Einige Tage später bestätigten mir diese Erscheinung über Land gehende Geistliche, welche die am Boden befindlichen kleinen Pfützen mit rothbraunem Schnee eingefafst gefunden. Es hat sich also jenes Phänomen auch über die Gränzen hiesiger Stadt hinaus erstreckt, und zwar, zuverlässigen Berichten zufolge, wenigstens 1 Stunde weit. — (Oeffentliche Blätter erwähn-

1) Aus den Monatsbericht. d. Berliner Acad. 1847 (Aug.), S. 285.

ten derselben Erscheinung an demselben Tage auch bei Fürstenfeldbruck.) — Die Witterung jenes Tages war: Morgens Nebel, dann trüb, worauf schwaches, aber bis Mittag immer zunehmendes Schneien, Nachmittags trüb, Abends schwacher Regen. Die früheren Tage hatten wir anhaltend heftigen Westwind, der aber an diesem Tage in schwachen Ostwind sich umgesetzt (doch ist die hiesige Stadt wegen ihrer Lage zwischen Hügeln zu anemoskopischen Beobachtungen nicht sehr geeignet).

Bei dem obigen Zeitintervall und dem häufigen Regen und Schneien in jenen Tagen war an eine Untersuchung des Phänomens meinerseits nicht zu denken, so sehr ich sonst auch bemüht bin derartige Erscheinungen näher in's Auge zu fassen. — Meine von jenen Berichterstattern abverlangte Ansicht dieses Phänomens, auf die theilweise analoge Erscheinung des weitverbreiteten Höhenrauches sich anklammernd, also im Grunde auf in der Atmosphäre schwebenden Staubtheilchen, deren Ursprung sehr entfernt gelegen seyn mag, beruhend, findet nun erst in Ehrenberg's Angaben die so nöthige Stütze und bessere Begründung.

Nachschrift. Bei dieser Gelegenheit sey es mir auch erlaubt im Rückblick auf eine Notiz in Poggend. Ann. (1847), Bd. 70, S. 334, in Betreff des Meteorsteinfalls im Mindelthale am 25. Dec. 1846 zu bemerken, daſs der mit dem Phänomen verbundene Donner ganz deutlich von mir auch dahier gehört worden, so daſs, da auch von Biberach dessen Hören gemeldet wurde, das Getöse in einem Umkreise von wenigstens 20 geogr. Meilen Durchmesser vernommen wurde. (Näheres über diesen Meteorstein enthält Schafhäutl's höchst interessanter Bericht über die im Besitz der K. Academie der Wissenschaften zu München befindlichen Meteorsteine in den Münchner gel. Anz., 1847, No. 69 bis 72.)

Freysing, 8. Jan. 1848.

XVI. *Ueber den Einfluſs der Gewitter auf die Drähte elektro-magnetischer Telegraphen;*
von Dr. W. Casselmann.

(Uebersandt vom Hrn. Verf. aus den *Mittheilungen für den Gewerbverein des Herzogthums Nassau.*)

Man hat an dem elektro-magnetischen Telegraphen der Taunuseisenbahn schon seit Jahren bemerkt, daſs sich während eines sehr nahen Gewitters der Zeiger des Zifferblattes, aber nur bei einem Blitz, in Bewegung setzt, und oft um mehre, zwei, vier, ja sechs Buchstaben fortrückt. Dieses Factum ist schon an und für sich von hohem Interesse, denn, da ein solches Fortrücken des Zeigers nur durch mehre nach einander den Telegraphendraht durchlaufende Ströme hervorgebracht werden kann, so zeigt sich hier, daſs, was uns als ein Blitz erscheint, oft eine gröſsere Reihe nach einander stattfindender elektrischer Ausgleichungen ist, eine Thatsache, welche für die Erklärung der Zickzackform des Blitzes und den Variationen in der Stärke des Donners vielleicht von Wichtigkeit seyn kann.

Es waren wegen dieses Einflusses der atmosphärischen Elektricität auf den Telegraphen auf allen Stationen der Taunusbahn Vorrichtungen getroffen worden, um während eines Gewitters den Apparat von dem Leitungsdrahte abzuschlieſsen. Dieselben bestanden in einem kurzen Kupferdrahte, welcher bei Annäherung eines Gewitters mit seinem einen Ende an einer vor dem Telegraphen liegenden Stelle des allgemeinen Leitungsdrahtes, und mit seinem andern an einer hinter demselben liegenden Stelle, beiderorts durch eine Klemmschraube befestigt wurde, durch welchen nun mit Umgehung des um den Anker des Telegraphen gelegten dünneren (etwa $\frac{1}{2}$ Millim. im Durchmesser haltenden) und längeren Drahtes jeder atmosphärisch-elektrische Strom sich entladen sollte. Auf den meisten Stationen war diese Nebenschlieſsung so dick wie der allgemeine Leitungsdraht

(etwa ½ Linie Durchmesser), bisweilen dagegen so dünn, wie die Spirale des Ankers, und lag gewöhnlich ihrer ganzen Länge nach auf dem hölzernen Kasten, der den Apparat umschliefst. Man hatte früher wenig Furcht gehegt, dafs einmal durch die Telegraphendrähte starke Blitzschläge fortgeleitet werden würden, und hatte sie daher, wo sie in die Stationshäuser eintraten, an den Wänden entlang geführt, ohne eine Vorrichtung zu treffen, um während eines Gewitters die durch die Gebäude gehende Drahtmasse von der übrigen neben der ganzen Bahn herlaufenden trennen, und vielleicht für sich mit dem Boden in leitende Verbindung setzen zu können. Neuerdings ist man jedoch im Begriff, eine Einrichtung der Art anzubringen, besonders wohl durch die Erfahrung vom 19. Juli d. J. (1847) dazu veranlafst.

An diesem Tage nämlich entlud sich in der Nähe von Höchst und Frankfurt gegen Abend ein starkes Gewitter mit heftigen Regengüssen. Als es heranzog, befanden sich mehre Beamte der Taunusbahn in dem Zimmer des Stationshauses zu Frankfurt, in welchem der Telegraph steht. Letzteren hatte man kurz zuvor auf die oben beschriebene Weise mittelst eines Kupferdrahtes der dünneren Sorte abgeschlossen, als der erste heftige Schlag sich entlud, und zwar Blitz und Donner gleichzeitig wahrgenommen wurden. In demselben Augenblicke gewahrte ein Beamter, dafs der Telegraph in Thätigkeit sey, und er hatte nicht Zeit, demselben sich zu nähern, um zu untersuchen, ob die Ausschliefsung etwa nicht vollkommen vollbracht sey, als dicht am Telegraphen aus einer Winkelbiegung des Drahtes ein Arm dicker, 2 bis 3 Fufs langer, blauer Feuerstrahl mit einem, einem Pistolenschusse ähnlichen Knalle heraussprang. — Dasselbe Phänomen wiederholte sich bei mehren der folgenden Schläge. — Der dünne Nebenschliefsungsdraht war an der Stelle, wo er an der Hauptleitung befestigt war, abgeschmolzen, und zwar zeigte sein Ende die *vollendetste Schmelzung*.

Auf der Station Hochheim selbst wurden aus dem Draht noch Funken, wie sie durch das Feuerschlagen mit Stahl

und Stein erzeugt werden, bemerkt; in Castel dagegen zeigte sich nichts der Art.

Zwischen Frankfurt und Höchst, in der Nähe des Rebstocker Hofes, wurden durch das Gewitter achtzehn der tannenen Stangen, worauf der Leitungsdraht ruht, mehr oder weniger zersplittert und zerrissen, und zwar fünf in solcher Weise, dafs sie in Stücke zerfielen und ganz ausgewechselt werden mufsten. Die ausgesplitterten Stellen laufen alle in einer Spirallinie mit einer mehrmaligen Windung um die Stangen. — Auffallend ist es, dafs aufser an diesen achtzehn unmittelbar aufeinanderfolgenden Stangen sich nur noch eine einzelne, zwar besonders hohe, Stange in dem Bahnhof zu Frankfurt in gleicher Weise beschädigt zeigte. Fast alle Stangen der Telegraphenlinie fand man nach diesem Gewitter in der Richtung von Ost nach Süd in der Erde mehr oder weniger um ihre Axe gedreht, so dafs die Kappen oder kleinen Blechdächelchen an ihrer Spitze, welche früher mit ihrer Kante sämmtlich parallel mit der Bahn standen, jetzt damit einen Winkel machen, der 15°, und namentlich in der Nähe der Stelle, wo die übrigen Stangen zerschmettert worden sind, mehr, bis zu 90°, beträgt.

Es sind alle diese Erscheinungen wohl kaum anders zu erklären, als dafs man annimmt, eine zwischen Frankfurt und Höchst längere Zeit befindlich gewesene elektrische Wolke habe in dem Draht des Telegraphen unter sich allmälig eine grofse Menge von Elektricität durch Vertheilung erregt und in dem ihr zunächst liegenden Theile desselben festgehalten, letztere sey aber, als die Elektricität der Wolke sich mit der von ihr vielleicht auf dieselbe Weise erzeugten Elektricität einer anderen Wolke durch den Blitz vereinigte, von dem Draht und dessen Stangen in der ganzen Bahnlänge in den Boden abgeleitet worden. Die gröfste Masse derselben wählte sich dabei den besten und kürzesten Leiter, nämlich die nächsten kurzen und nassen Stangen, zum Wege aus, und zerschmetterten dieselben; eine geringere Menge fuhr durch den etwa 1 Stunde langen Ku-

pferdraht und dessen Pfähle, der von der Stelle unter der Wolke durch den Frankfurter Bahnhof und dessen Gebäude in einen daselbst befindlichen Brunnen verläuft, und war von geringerer Wirkung begleitet, wirkte namentlich auf die Stangen nur, in sofern er sie auf die beschriebene eigenthümliche Art um ihre Axe drehte, während eine noch geringere Menge sich mit immer abnehmender Stärke durch den Draht und dessen Pfähle bis nach Hochheim in die Erde fortpflanzte.

So gut aber eine elektrische Wolke den Draht bis zu dieser Stärke elektrisch machen konnte, kann auch einmal eine andere im Stande seyn, eine solche Fülle von Elektricität durch Vertheilung darin anzuhäufen, daſs durch ihr nachheriges Entweichen in den Erdboden weit gröſsere Zerstörungen entstehen, oder daſs die Elektricität der Wolke sich als verheerender Blitz mit ihr vereinigt, wenn kein anderer Gegenstand (keine andere Wolke etc. etc.) in gröſserer Nähe zu jener sich befindet, um ihre Wirksamkeit in Anspruch zu nehmen, und es möchte daher rathsam seyn, bei allen Telegraphenanlagen solche Einrichtungen zu treffen, daſs bei einem Gewitter der allgemeine Leitungsdraht von dem in die Stationshäuser geführten Theil völlig getrennt, und die Enden beider Theile für sich mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt werden können [1]).

1) Aehnliche Erfahrungen von heſtigen, mit Blitz und Knall begleitenden elektrischen Entladungen aus den Drähten telegraphischer Leitungen sind auch in Nordamerika und in Frankreich gemacht worden (*Compt. rend. T. XXIII, p.* 546, und *T. XXIV, p.* 980), ohne daſs jedoch die merkwürdige Thatsache der Drehung der Stangen beobachtet worden wäre. Vergl. übrigens d. Ann., Bd. 70, S. 358. *P.*

XVII. *Ueber ein einfaches Mittel, den Diamagnetismus schwingender Körper zu verstärken. Diamagnetische Polarität; von* Plücker.

1) Man kann zwar mit einem schwachen Stahlmagnet den Faraday'schen Fundamentalversuch wiederholen, und zeigen, dafs ein Wismuthstab, zwischen den beiden Polen desselben an einem Coconfaden aufgehängt, von diesen abgestofsen wird und in der aequatorialen Lage in Ruhe kommt. Immer aber ist die diamagnetische Abstofsung des Wismuths in Vergleich mit der magnetischen Anziehung des Eisens nur sehr geringe, und daher jedes Mittel, die diamagnetische Kraft zu verstärken, erwünscht. Ein solches Mittel ist einfach dadurch gegeben, dafs man nahe unter dem schwingenden Wismuthstabe einen aequatorial gerichteten Eisenstab in die Mitte zwischen die beiden Pole des Hufeisenmagnets bringt und in dieser Lage festhält. Es fällt auf den ersten Blick in die Augen, dafs alsdann der Wismuthstab mit gröfserer Kraft sich in die aequatoriale Lage zu stellen strebt, und es ist leicht, nach der Schwingungsmethode, das Verhältnifs zu bestimmen, in welchem die diamagnetische Richtkraft durch die Anbringung des Eisenstabes zugenommen hat.

2) Unter anderen Versuchen stellte ich den folgenden an. Ich legte die beiden Halbanker *C* (vergleiche die 6. Nummer der vorigen Abhandlung), die Rinnen nach unten gekehrt, so auf den grofsen Elektro-Magneten auf, dafs ihre rectangulären Endflächen einander zugekehrt waren und die Polflächen bildeten. Sie hatten eine Höhe von 40^{mm}, waren nach der aequatorialen Richtung 59^{mm} breit, und wurden durch zwei dazwischen gebrachte Messingstücke, jedes 6^{mm} dick, in deren Mitte ein Eisenstab $4^{mm},5$ dick und ungefähr so lang als die Polflächen breit, eingeklemmt war, in einer constanten Entfernung von $16^{mm},5$ gehalten. Ein kleiner Wismuthcylinder, 2^{mm} dick und 25^{mm} lang, an

einem Coconfaden so aufgehängt, dafs er zwischen den Polflächen etwas tiefer als die oberen Kanten derselben dicht über dem eingeklemmten Eisenstabe frei schwingen konnte, stellte sich, wenn der Magnetismus durch vier schwach geladene Grove'sche Elemente hervorgerufen wurde, sehr entschieden aequatorial [1]), und machte, aus der aequatorialen Lage herausgebracht, während der Dauer einer halben Minute 90 Oscillationen. Dann wurden, nachdem die Kette geöffnet worden war, die Messingstücke und der Eisenstab fortgenommen, ohne Verrückung der beiden Halbanker. Auch dann noch stellte sich der Wismuthstab sehr gut aequatorial, machte aber, wenn er aus der aequatorialen Lage herausgebracht wurde, während der Dauer einer halben Minute nur noch 36 Schwingungen. Die Kraft, mit welcher der Wismuthstab sich richtete, war also durch Hinzufügung des aequatorialen Eisenstabs in dem Verhältnisse von 36^2 zu 90^2 oder von

1 zu 6,25,

also um mehr als das *Sechsfache*, gewachsen.

3) Als statt des Stabes von weichem Eisen ein, nur um ein Weniges dickerer, gehärteter Stahlstab genommen wurde, waren die entsprechenden Schwingungszahlen 78 und 34. Die richtende Kraft hatte also durch den Stahlstab im Verhältnisse von

1 zu 5,26

zugenommen.

4) Ich beschränke mich hier auf die Mittheilung einer einzelnen Beobachtung, und füge nur über die Veranlassung zu derselben wenige Worte hinzu.

Die Faraday'sche Erklärung der diamagnetischen Erscheinungen liegt so nahe, dafs jeder Physiker darauf verfallen mufs. Ich formulirte sie in meinen Vorlesungen vom vorigen Sommer in den Worten: »im Wismuth inducirt jeder Nordpol eines Magneten einen Nordpol, jeder Süd-

1) In der 44. Nummer meiner ersten Abhandlung, Bd. 72, S. 339, letzte Zeile, steht in der Beschreibung eines ähnlichen Versuches statt *aequatorial* in Folge eines Schreibfehlers *axial*.

pol einen Südpol.« Diamagnetische Polarität ist eine nothwendige Folge dieser Erklärung. Diese Polarität nachzuweisen bemühte ich mich damals umsonst. Ich liefs unter Anderem, indem ich statt des vorne zugespitzten Eisencylinders solche Cylinder von Wismuth in die durchbohrten beiden Polaufsätze einsteckte [1]), zwischen den Polenden dieser Cylinder ein Stäbchen von demselben Metalle schwingen, bemerkte aber, bei oberflächlicher Betrachtung, keine durch die Wismuthcylinder hervorgebrachte Aenderung. Die von den HH. Reich und Weber erlangten Resultate bewogen mich, meine früheren Versuche wieder aufzunehmen, und daraus ist die oben beschriebene Beobachtung hervorgegangen. Sie scheint zu bestätigen (aus diesem Gesichtspunkte wenigstens wurde sie angestellt), was die Versuche des Hrn. Herausgebers dieser Annalen so schön geradezu nachweisen, dafs nämlich ein Wismuthstab in der aequatorialen Lage ein wirklicher Transversalmagnet ist, der die Linie seiner Nordpole dem Nordpole, und die Linie seiner Südpole dem Südpole des Magneten zukehrt. Auf die freundliche Mittheilung hiervon, die ich vor acht Tagen, noch vor Empfang des Märzheftes erhielt, habe ich den fraglichen Versuch sogleich wiederholt, und die in der Notiz dieses Heftes, S. 475, bei Anwendung eines einzigen Poles des Magneten besprochene Polarität des Wismuthstabes, und zwar nicht nur auf der dem erregenden Pole zugewandten, sondern auch auf der abgewandten Seite, durch Anziehung und Abstofsung in gewöhnlicher Weise nachgewiesen. Nur bediente ich mich dazu vorzugsweise eines weichen Eisenstabes, und derselbe Magnetpol, der auf das Wismuth diamagnetisch einwirkte, gab auch ihm, je nach der Lage, in der er gehalten wurde, die jedesmal gewünschte Polarität.

5) Wenn es hiernach durch die angeführten Versuche unwidersprechlich feststeht, dafs der Diamagnetismus in einer polaren Erregung besteht, so sind doch noch grofse Schwierigkeiten zu überwinden, ehe diese Theorie als all-

1) Annalen, Bd. 72, S. 316.

gemein begründet angesehen werden kann. Diese schienen mir lange so grofs, dafs ich dieselbe ganz fallen liefs, und erst dann wieder aufnahm, als die Polarität so entschieden nachgewiesen wurde. Zwar glaube ich, nach einer flüchtigen mathematischen Betrachtung, dafs die von mir zuerst beobachtete Abstofsung der optischen Axen der Krystalle durch den Magneten, und das Ueberwiegen dieser Abstofsung bei gröfserem Polabstande über die magnetische oder diamagnetische Wirkung auf die Materie derselben — durch eine zusätzliche Annahme recht einfach erklären zu können, aber unerklärlich erscheinen mir bis jetzt die in meiner *zweiten* Abhandlung [1]) beschriebenen Thatsachen. Wenn ein Stück Holzkohle (blofs in Folge seiner Form, und, da die Längenrichtung nach oder gegen die Faserrichtung genommen werden kann, ganz unabhängig von seiner Structur) bei gröfserer Nähe der Pole sich aequatorial, bei gröfserer Entfernung sich axial stellt, so heifst das, in der Sprache der Theorie: die Magnetpole rufen in der Kohle Ampère'sche Molecularströme hervor, die, wenn sie bei genäherten Polen etwa von Osten nach Westen gehen, bei der Entfernung der Pole, sich umkehrend, von Westen nach Osten gehen.

6) Nach dem zuletzt angeführten Versuche ist nicht in Abrede zu stellen, dafs *bei wachsender Entfernung der beiden Magnetpole* die Molecularströme in der Kohle (wenigstens die resultirenden), indem sie zuerst Diamagnetismus, dann Magnetismus hervorbringen, *ihre Richtung umkehren*, und demnach sind wir gezwungen anzunehmen, dafs derselbe Magnetpol, je nach der verschiedenen Entfernung in derselben Masse diamagnetische oder magnetische Molecularströme hervorruft [2]), oder dafs, was ich für wahrscheinlicher halte, bei Erscheinungen der fraglichen Art immer magne-

1) Ueber das Verhältnifs zwischen Magnetismus und Diamagnetismus. Poggendorff's Annalen, Bd. 72, S. 343.

2) Die magnetischen Ströme würden wohl, wie im Eisen, als schon vorhanden, und vom Magnet nur in gleiche Richtung mit den seinigem gedreht anzusehen seyn. *P.*

netische und diamagnetische Substanzen gemischt sind, in denen die verschiedenen Molecularströme gleichzeitig stattfinden, und dafs dann, bei gröfserer Entfernung der Pole die diamagnetischen Ströme rascher an Intensität abnehmen als die magnetischen. Wichtig für die Theorie erscheint die Frage, ob hierbei *die verschiedene Entfernung der Pole des Elektro-Magneten unmittelbar als solche in Betracht kommt*, oder *nur indirect, in sofern einer gröfseren Entfernung eine Abnahme der Kraft entspricht.* In der ersten *dieser beiden Alternativen* würde ich die Theorie unbedingt fallen lassen. Denn, wenn magnetische und diamagnetische Ströme, *bei derselben Magnetkraft, mit der Entfernung nach verschiedenem Gesetze abnehmen sollten*, so könnte ich unmöglich beide, ihrer Natur nach, als *identisch* ansehen. Viel leichter kann ich mir dagegen denken, dafs wenn zwei Kräfte entgegengesetzte Drehungen hervorbringen, diese Drehungen dann, wenn verschiedener Widerstand zu überwinden ist, bei derselben Entfernung nicht den sie hervorbringenden Kräften proportional sind. Nehmen wir zum Beispiel als Bild zwei Räder, welche zwei Kräfte, *A* und *B*, nach entgegengesetzter Richtung zu drehen streben, und setzen voraus, dafs der Widerstand für die erste Drehungsrichtung viel gröfser sey als für die zweite: so kann die Drehung des ersten Rades doch langsamer seyn, als die Drehung des zweiten, ungeachtet, dafs die Kraft *B* bedeutend kleiner ist als die Kraft *A*, was aber dann nicht mehr der Fall bleibt, wenn, bei wachsenden Kräften, der Widerstand überhaupt, gegen die Gröfse der Kraft *A*, nicht mehr in Anschlag zu bringen ist. Die Kraft *A* entspräche in dieser Anschauung der diamagnetischen, die Kraft *B* der magnetischen.

7) Um zu bestimmen, welche der beiden Alternativen in dem Falle der Natur stattfinde, stellte ich den folgenden entscheidenden Versuch an.

Ich nahm ein Stückchen Buchsbaumkohle, dafs bei gröfserer Entfernung der Pole des Elektro-Magneten sich magnetisch, bei geringerem Abstande derselben sich diamagne-

tisch verhielt. Ich erregte den Strom durch *ein einziges* Grove'sches Element, und wählte den Polabstand so, dafs das Kohlenstückchen sich entschieden axial stellte; dann nahm ich *zwei* Elemente, wobei es schwer zu bestimmen war, ob es sich magnetisch oder diamagnetisch verhielt; bei *drei* Elementen stellte es sich aber entschieden aequatorial, und die diamagnetische Kraft, die es entschieden in diese Lage brachte, nahm, bei der Anwendung von mehr Elementen, immer mehr zu. Ich ging hierbei bis zu *sechs* Elementen.

Ein zweiter Versuch mit einem andern Kohlenstückchen gab ein gleiches Resultat, nur dafs dasselbe bei *drei* Elementen noch sehr schwach magnetisch, bei *vier* Elementen aber entschieden diamagnetisch sich verhielt.

Durch die Zunahme der Kraft der Magnetpole wird also, bei unveränderter Entfernung, der Magnetismus der Holzkohle in Diamagnetismus verwandelt.

Dieses von mir bisher nicht vermuthete, aber vom rein theoretischen Gesichtspunkte aus zu erwartende Resultat scheint mir eine merkwürdige Bestätigung der von den HH. Faraday, Reich, Weber und Poggendorff adoptirten Theorie des Diamagnetismus, zu der auch ich mich jetzt entschieden bekenne.

Bonn, den 21. Februar 1848.

XVIII. *Das Aluminium Elektricitätsleiter und magnetisch.*

Vor langer Zeit hat Wöhler gefunden, dafs Aluminium in Pulverform nicht tauglich sey, ein Volta'sches Element zu schliefsen (dies. Annal., Bd. 11, S. 156), es war also kein guter Leiter, konnte aber noch ein Halbleiter seyn. Als ich jedoch erfahren hatte, dafs das Pulver, in einer Dicke von 2 Linien angewandt, die Divergenz eines Gold-

blattelektroskops nicht merklich verminderte (dies. Annal., Bd. 64, S. 53), mufste es als Nichtleiter bezeichnet werden. — Wöhler hat vor Kurzem ein Plättchen Aluminium von bedeutender Gröfse dargestellt (ungefähr $5\frac{5}{6}$ Par. Linien lang, $1\frac{1}{2}$ breit), und durch dasselbe ein Volta'sches Element geschlossen, das sogleich wirksam wurde. Es bedurfte nun der Prüfung am Elektroskope nicht, da deren Erfolg vorauszusagen war. *Das Aluminium ist ein guter Leiter der Elektricität.* Um seine Stelle in der Leitungsscale der Metalle zu finden, würde ein vollkommen cylindrisches Stück desselben nöthig seyn. Ich habe früher angegeben, dafs ein Pulver eines isolirenden Stoffes sich oft durch condensirtes Wassergas leitend zeigt, hier haben wir ein Beispiel eines isolirenden Pulvers von einem leitenden Stoffe (nach Wöhler durch den Ueberzug der einzelnen Partikel mit Thonerde bedingt). Die elektrische Prüfung also eines Pulvers erspart die der compacten Masse nicht.

Als das durch Wöhler's Güte hierher gekommene Aluminiumplättchen von Poggendorff an einem Coconfaden aufgehängt wurde, folgte dasselbe einem gebotenen Stahlmagnete, und stellte sich sehr kräftig in die Verbindungslinie der Pole eines Elektromagnets. *Das Aluminium ist magnetisch* [1]).

Riefs.

Zusatz. Der schön compact metallische Zustand des in vorstehender Notiz erwähnten Aluminiums bot eine so vortreffliche Gelegenheit, die Stelle dieses seltenen Metalls in der galvanischen Reihe zu ermitteln, dafs ich mir nicht versagen konnte, deshalb einige Versuche zu machen. Geprüft bei gewöhnlicher Temperatur mit einer verdünnten

1) Pulverförmiges Aluminium (gleich wie ähnliches *Beryllium*), welches Prof. H. Rose im vorigen Herbste an Hrn. Faraday gesandt hatte, hat der englische Physiker bereits in sehr schwachem Grade magnetisch befunden; *Niobium*, *Pelopium* und *Tantal* dagegen erwiesen sich ihm schwach diamagnetisch.

Hinzusetzen will ich noch, dafs, nach meinen Versuchen, *Silicium* (pulverförmiges) stark magnetisch, *Chloraluminium* aber so wie *Selen* und *Tellur* (ein sehr reines Stück) stark diamagnetisch ist, letzteres anscheinend eben so stark wie Wismuth. *P.*

Schwefelsäure, die etwa 3 Proc. concentrirter enthielt, fand ich es *positiver* als Platin, Silber, Kupfer, Wismuth, Antimon und Nickel, *negativer* dagegen als Blei, Zinn, Eisen, Kadmium und Zink. Nach diesem Resultat, welches Prof. Wöhler's frühere Erfahrung, daſs es Blei aus seiner Auflösung nicht fälle, zur Bestätigung dient, ist also das Aluminium ein ziemlich negatives Metall, welches sich eben deshalb auch auf galvanischem Wege darstellen lassen dürfte.

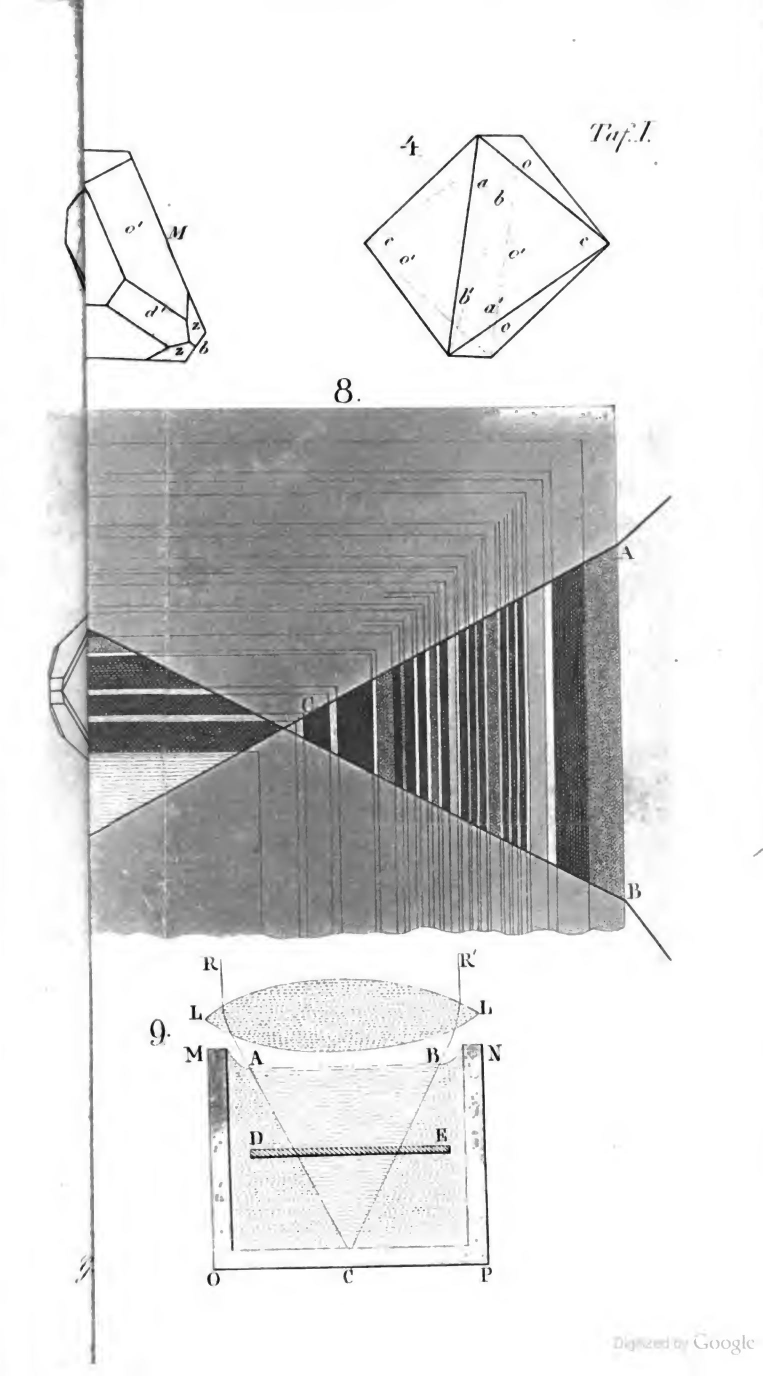
Poggendorff.

XIX. *Baromètre anéroide.*

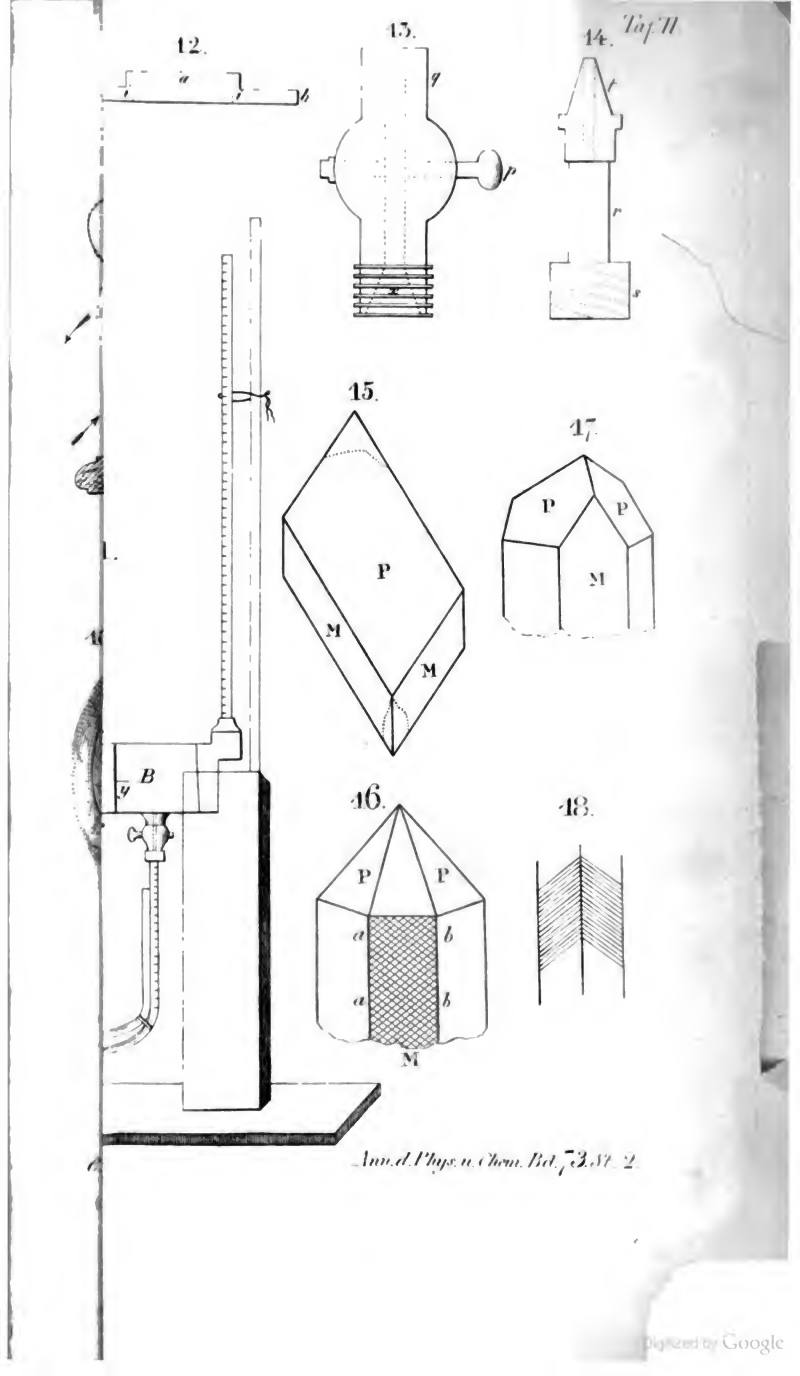
Unter diesem Namen hat Hr. Vidi am 31. May v. J. der Pariser Academie ein nach neuem Princip construirtes Barometer vorgelegt. Es besteht aus einer luftleer gemachten Metalldose, deren oberer Deckel so dünn ist, daſs er dem atmosphärischen Drucke nachgiebt, so daſs er sich dem Boden nähert oder von ihm entfernt, je nachdem dieser Druck zu- oder abnimmt. Dadurch setzt der Deckel einen Zeiger in Bewegung, dessen Gang von einer, experimentell mit dem gewöhnlichen Barometer verglichenen, Kreistheilung angegeben wird. (*Compt. rend.*, *T. XXIV*, *p.* 975.)

Es sind einige Exemplare dieses Barometers nach Berlin gekommen, von denen ich selbst eins bei Hrn. Prof. Magnus gesehen habe. Ich kann darnach bezeugen, daſs es für alle Fälle, wo keine gröſsere Genauigkeit in der Ablesung als eine Viertellinie verlangt wird, ein ganz brauchbares Instrument ist, da es sich wegen seiner Form und Gröſse (es gleicht äuſserlich einem Boxchronometer oder einer groſsen Taschenuhr) leicht transportiren läſst. Temperaturveränderungen haben keinen merklichen Einfluſs auf seinen Gang, und wenn man das Loch, welches das Gehäuse besitzt, um den Hauptkörper des Instruments, die verschlossene Dose, der äuſseren Luft auszusetzen, an den Mund bringt, und durch Einblasen oder Saugen den Druck verändert, so geht der Zeiger mit Leichtigkeit vor oder zurück, und kommt hernach auf seinen früheren Stand zurück. Das Quecksilber-Barometer wird freilich durch dieses Instrument nicht überflüssig gemacht werden. *P.*

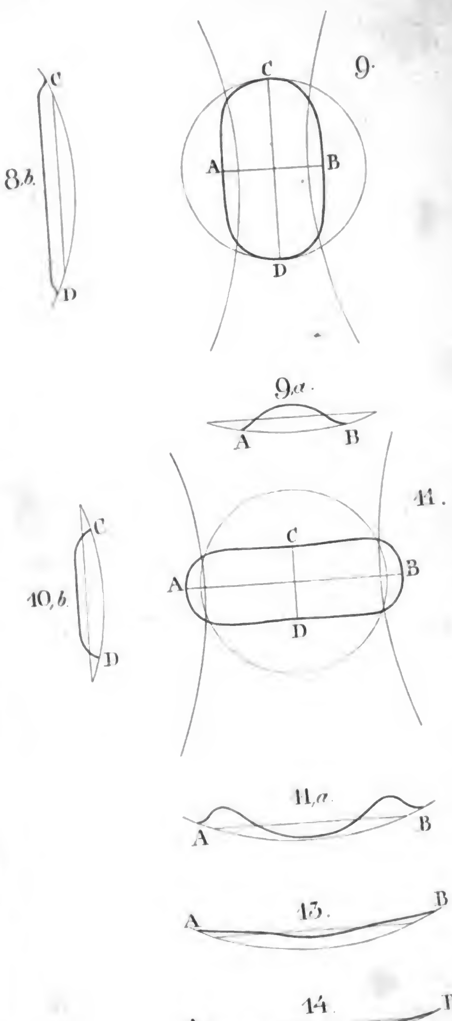
Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.



Taf. I.
4
o
a
b
c
o'
o'
c
b'
a'
o
o'
M
d'
z
z
b
8.
A
C
B
R
R'
L
L
9.
M
A
B
N
D
E
O
C
P



Taf. II
12.
a
b
13.
q
p
14.
t
r
s
15.
P
M
M
17.
P
P
M
B
y
16.
P
P
a
b
a
b
M
18.
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 73. St. 2.


8,b.
C
D
9.
C
A
B
D
9,b.
C
D
9,a.
A
B
10,b.
C
D
11.
C
A
B
D
11,a.
A
B
13.
A
B
14.
A
B

J W

Taf. III.

8.b. C D

9. A B C D

9.b. C D

9,a. A B

10,b. C D

11. A B C D

11,a. A B

13. A B

14. A B

J W



